LIBRARY
DEC 12 1960
FISH & WILDLIFE SERVICE

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. IV, No. 7

(Completing the volume)
(Completando el volumen)

SPECIES AND SIZE RELATIONSHIPS WITHIN SCHOOLS OF YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA, AS INDICATED BY CATCHES IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN

RELACIONES DE ESPECIES Y TAMAÑOS DENTRO DE LOS CARDUMENES DE ATUN ALETA AMARILLA Y BARRILETE, SEGUN LO INDICAN LAS PESCAS EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL TROPICAL

by - por
Gordon C. Broadhead and/y Craig J. Orange

La Jolla, California
1960

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. IV, No. 7

(Completing the volume)
(Completando el volumen)

SPECIES AND SIZE RELATIONSHIPS WITHIN SCHOOLS OF YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA, AS INDICATED BY CATCHES IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN

RELACIONES DE ESPECIES Y TAMAÑOS DENTRO DE LOS CARDUMENES DE ATUN ALETA AMARILLA Y BARRILETE, SEGUN LO INDICAN LAS PESCAS EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL TROPICAL

by - por

Gordon C. Broadhead and/y Craig J. Orange

La Jolla, California

1960

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

Page

INTRODUCTION 449

ACKNOWLEDGEMENTS 450

SOURCES OF DATA 450

TREATMENT OF DATA AND RESULTS 451

Species relationships 451

Purity of schools 452

Schooling properties 454

Distribution of size of catch from single schools 455

Size relationships 457

Comparison of length distributions of fish from single school and cannery samples 457

Size comparisons within and among schools of pure and mixed composition 458

SUMMARY AND CONCLUSIONS 459

FIGURES — FIGURAS 462

TABLES — TABLAS 467

SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

Página

INTRODUCCION 476

RECONOCIMIENTO 477

FUENTE DE LOS DATOS 477

TRATAMIENTO DE LOS DATOS Y RESULTADOS 478

Relación entre especies 478

Pureza de los cardúmenes 480

Características de los cardúmenes 482

Distribución de los tamaños de las pescas de cardúmenes puros 483

Relaciones de tamaños 485

Comparación de las distribuciones de la longitud de los pescados provenientes de un solo cardumen y de las muestras de las plantas enlatadoras 485

Comparaciones de tamaños dentro y entre cardúmenes puros y de composición mixta 486

RESUMEN Y CONCLUSIONES 488

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA 491

SPECIES AND SIZE RELATIONSHIP WITHIN SCHOOLS OF YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA, AS INDICATED BY CATCHES IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN

by

Gordon C. Broadhead and Craig J. Orange

INTRODUCTION

Yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus,* and skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis,* are fished intensively off the west coast of the Americas in an area from about the California-Mexico border in the north to the Peru-Chile border in the south. The historical development of this fishery, and its expansion by the long-range California fleets of bait and purse-seine vessels, are well documented by Godsil (1938), Scofield (1951) and Shimada and Schaefer (1956). The quarterly distribution of the tuna catches within this area has been reported for some recent years by Alverson (1959).

Both species of tropical tuna occur in general in the same fishing areas, so that many of the commercial catches are composed of a mixture of the two. Some differences in distribution are evident however, as skipjack are captured in commercial quantities from waters as cool as 16°C, while yellowfin are seldom taken in waters colder than about 18°C. In the more temperate areas of the fishery, the local grounds off Baja California in the north and the region off Peru and Chile in the south, skipjack dominate in the commercial catch. Conversely, the catches from the equatorial water off Central America are mainly yellowfin tuna. In addition, studies to delineate spawning areas by gonadal development in the adults by Schaefer and Orange (1956) and distribution of larvae by Klawe (m.s.), suggest that the skipjack have a more truly oceanic distribution than do the yellowfin tuna.

The extent to which individual schools tend to be composed of a single species is of interest in understanding the behavior patterns of the tuna, and in devising practical fishing regulations when they become necessary in the future. Orange, Schaefer and Larmie (1957) examined records of catches of individual sets by the purse-seine fleet for the years 1946-1955 and concluded that about 90 per cent of the tropical tuna landed by this fleet was obtained from schools composed of a single species. The purse-seine fleet in past years has accounted for approximately 16 per cent of the California landings from the Eastern Tropical Pacific and the bait vessels for almost all of the remainder. No data were available on the composition of the schools fished by this latter group of vessels. We initiated, there-

fore, in 1956, a sampling program to evaluate the composition of schools encountered by this important segment of the fleet.

Of interest also, is the degree of aggregation by size for each species of tuna within individual schools. This has been discussed by Schaefer (1948) for yellowfin tuna caught off Central America and by Brock (1954) for skipjack near the Hawaiian Islands. These papers suggest that tuna definitely tend to school by size and that this tendency may be stronger than the tendency to school by species. Brock advanced the theory that the size relationship within individual schools may be related to the maximum swimming speed that can be attained by the various sizes of tunas.

ACKNOWLEDGEMENTS

The collection of observations on tuna schools and the measurement of fish from individual schools were accomplished through the combined efforts of many members of the scientific staff of the Inter-American Tropical Tuna Commission.

During the past four years the masters and crews of the following tuna vessels were kind enough to permit Commission personnel to accompany them on regular fishing trips; the clippers Alphecca, Carol Virginia, Coimbra, Concho, Constitution, Elsinore, Excalibur, Fatima, Independence, Jeanne Lynn, Jenita, Jo Linda, Judy S., Mary Jo, Mary Lou, May Queen, Martin B, Missouri, Paramount, Portuguesa, Queen Mary, Sea Giant, South Coast, Starcrest, Sun Europa, Sun Pacific, Sun Victoria, Sun Splendor, United States, Viking, West Point and Western King, and the purse-seiners Anthony M, Columbia, Determined, Jo Ann, Ronnie M, Sea King, Santa Helena, Stranger, Sun Star and Western Fisher.

SOURCES OF DATA

During 1951 and 1952, a system was initiated for the collection of data on catch and fishing effort from logbooks maintained by masters of vessels fishing for tropical tunas from California ports. The coverage has since been extended to include most of the vessels fishing for tropical tunas from ports in Costa Rica, Puerto Rico, Mexico, Peru and Ecuador. This method of monitoring the activities of the fleet and the tuna populations has been discussed by Schaefer (1953), Shimada and Schaefer (1956), Shimada (1957), Alverson (1959) and Griffiths (1960). From these logbook records Orange, Schaefer and Larmie (1957) examined the catches of tuna from individual sets by the purse-seine vessels for the years 1946-1955. We have in this paper, in a similar manner, examined the purse-seine records for the years 1956-1958. Logbook records of the catches by the bait vessels are not adequate for the study of school composition

because the masters of these vessels, fishing many schools each day, do not normally log their catches by individual schools. With the expansion, in 1956, of our tuna tagging operations and other research aboard commercial vessels, it was possible to collect the desired information from a small and select segment of this fleet. Our staff has obtained, on these cruises, by direct observation, estimates of the amount of the catch of each species taken from individual schools representing 6,814 tons, or a little over two per cent of the baitboat catch for the three year period under study. These observations were obtained during all times of the year and throughout the range of the fishery, and are believed to be fairly representative of the catches of the fleet during this time period. Some reservations may be necessary, however, as our tagging cruises have been limited, for reasons of efficiency, to the larger vessels in the fleet. In addition the unusually warm surface-water temperatures throughout the fishing areas of the Eastern Tropical Pacific during the latter part of 1957 and all of 1958 resulted in a large share of the fishing effort by the bait fleet being shifted to the northern and southern extremes of the fishing range.

It is also of interest to study the size composition of the catches of the two species from schools of pure and mixed species composition. Length measurements of tuna from individual schools were taken during tagging cruises when time permitted. The fish, in each case, were randomly selected from the catch of a single school and the total lengths obtained, using calipers, following the methods outlined by Marr and Schaefer (1949). During two tagging cruises aboard purse-seine vessels, fish from single sets of the net were randomly selected from the catch and measured in a similar manner.

TREATMENT OF DATA AND RESULTS

Species relationships

To infer schooling behavior of yellowfin and skipjack tunas from the catch composition of the purse-seine vessels Orange, Schaefer and Larmie (1957) found it necessary to make the following assumptions:

1. A set of the net is made, in each case, on a single school of fish.
2. Either the entire school is captured or each set captures a constant fraction of the school upon which it is made.
3. Vessel masters can estimate accurately the tonnage taken from the individual sets of the net.

Schools of fewer than one or two tons of tuna may be rejected by the fleet as not worth the effort of setting and recovering the net, and occasionally with very large schools a portion of the fish may be deliberately allowed to escape. There is no evidence to suggest that either species in a

school of mixed composition has superior ability in evading the net. Our analysis, following the procedures of Orange, Schaefer and Larmie (1957), excludes all trips where there was doubt as to the accuracy of the logbook records or doubt about the ability of the vessel master to estimate accurately the tonnage of fish captured. Table 1 summarizes, by five-degree statistical areas, the catch in tons of each species from both pure and mixed schools encountered during the years 1956-1958.

Fishing with live bait, unlike purse-seine fishing, always results in the capture of only a portion of the tuna in each school fished. When a tuna school is sighted, the bait vessel is directed toward the head of the school and live bait, or "chum", is thrown into the water to attract the fish to the stern of the vessel. If the school begins to feed, "chum" is thrown continually during the fishing operations. The operation is continued as long as the return, in fish taken, is considered by the vessel master to be worth the expenditure of bait. Fishing time during one "stop" ranges from several minutes for a school which responds poorly, to several hours for a school which responds well. To infer schooling behavior from the composition of the catch of these vessels requires, therefore, the assumptions:

1. A single school is fished during each "chumming" operation by the vessel.
2. The fraction of the school captured is representative of the composition of the entire school.
3. The observer can, with reasonable accuracy, estimate the catch from each school.

Mixing of several schools during a single "chumming" operation probably does occur at times. However, as the time spent scouting for fish is large in relation to the time spent fishing (Shimada and Schaefer, 1956), the distance between schools is probably sufficiently great that no serious error is introduced in this manner. The second assumption is difficult to assess, but we have no evidence to suggest that the portion of the school caught is not representative of the school as a whole. Estimates of the tonnage caught from individual schools were continually checked against the known capacities of the vessel storage wells, and it is believed that the observer estimates are reasonably accurate.

For purposes of analysis a school was assumed to be "pure" if 95 per cent or more of the tonnage taken was of a single species. Table 2 lists the amounts of each species taken by bait vessels from pure and mixed schools, by five-degree statistical areas, for the years 1956-1958.

Purity of schools

Figure 1 shows the percentage of the total catch by gear, and by major geographical regions, for the following categories: yellowfin tuna from pure schools, skipjack tuna from pure schools, yellowfin tuna from

mixed schools, and skipjack tuna from mixed schools. As little purse-seine fishing was done during the period 1956-1958 in the area between 15°N latitude and the equator, the years 1954 and 1955 have been included (from Orange, Schaefer and Larmie, 1957) in the purse-seine tonnages to permit some comparison between gear-type in this area. The purse-seine tonnage includes the catch of nearly the entire fleet for the period, while the bait-vessel sample is about two per cent of the fleet's catch for the period. Geographical variation in catch composition by species is evident for both gears, but the greater share of the catch in all cases is from pure schools. The purse-seine vessels made a somewhat higher percentage of their catch from pure schools than the clippers in each of the regions. The two fleets seldom fish in exactly the same areas at the same time of the year, hence the above values do not offer a completely valid comparison between the two gears. However, they are representative of the catches as they actually occur. The fishing region off Baja California constitutes one of the few regions where there is a high degree of correspondence in the area fished by the two fleets. The percentage of the tuna catch taken off Baja California from 1956 through 1958 is shown in Figure 2, by the following categories: yellowfin tuna from pure schools, skipjack tuna from pure schools, yellowfin tuna from mixed schools and skipjack from mixed schools. The percentage of the catch taken from pure schools is similar for both gears, although the purse-seine fleet took a greater portion of its catch from the pure yellowfin schools. This fleet has traditionally obtained a large share of its catch each year from the fishing grounds north of 15°N latitude, with a high percentage of the catch being yellowfin tuna. Either, or a combination, of two factors could be responsible for this condition: (1) The purse-seine fleet may exercise selectivity toward the more valuable yellowfin schools by passing up opportunities to set on skipjack schools when the yellowfin are sufficiently abundant. (2) The areas and times of best fishing conditions for the net fleet may coincide with periods of high yellowfin abundance and low skipjack abundance.

To examine the first possibility, we have prepared Figure 3 which shows the mean catch-per-day's-absence of yellowfin tuna plotted against that for skipjack tuna for Class III seiners (101-200 tons capacity) for each year since 1934. A random scatter of the values suggests that periods of low yellowfin tuna catch are not characterized by increased fishing success for skipjack tuna, and it appears, therefore, unlikely that vessels pass up the skipjack schools when encountered. It seems more likely that the second factor above is responsible for the wide differences in species composition in the catches of the two fleets. The similarity of the data from the local grounds, for both fleets, as shown in Figure 2, lends weight to this thesis.

As the fleet of large tuna seiners increases (Orange and Broadhead, 1959), expansion of fishing operations to include all areas of the fishery

at all times of the year may lead to a change in the relative amounts of the two species in the catch. The few seiners, based in Peru and regularly fishing off the Gulf of Guayaquil, an area too distant for economical exploitation by small seiners based in the United States, land predominantly skipjack tuna.

Since 1948, the bait fleet has captured, each year, about 80 per cent of the yellowfin and 91 per cent of the skipjack tuna landed by the California fleets (Schaefer, 1959, Table 2). Our best estimate, from the data on catches from pure and mixed schools by each fleet, is that about 49 per cent of the yellowfin and 71 per cent of the skipjack landed by bait vessels were from pure schools, while about 94 per cent of the yellowfin and 80 per cent of the skipjack taken by the purse-seine fleet were from pure schools. A combination of these values for each fleet with its percentage of the total catch, yields an estimate that 58 per cent of all the yellowfin and 72 per cent of all skipjack landed by the California fleets originate from pure schools.

Studies by Shimada and Schaefer (1956) and Schaefer (1957) on the dynamics of the fishery for each species in the Eastern Tropical Pacific region have shown that any marked expansion of the fishing effort beyond the current level may result in the necessity of regulating the catching of yellowfin to avoid exceeding the level of fishing effort corresponding to the maximum sustainable yield for that species. The skipjack tuna, on the other hand, appear to be greatly underfished, hence it would be undesirable to restrict fishing for this species. However, as noted above, our data indicate that less than 30 per cent of the total skipjack catch and about 50 per cent of the yellowfin catch are made from schools of mixed composition. The yellowfin catch could be regulated without restricting the effort for skipjack, in theory at least, by limiting fishing on pure yellowfin schools and permitting unrestricted fishing on schools of mixed composition and pure skipjack schools.

Schooling properties

Orange, Schaefer and Larmie (1957) investigated inter-species schooling from an examination of records of individual sets of purse-seiners. They plotted (their Figure 8) the percentage of yellowfin tuna in the total tonnage caught from schools of mixed yellowfin and skipjack against the percentage of yellowfin tuna in the total tonnage caught from pure schools of both species, by five-degree fishing areas, for the years 1952-1955. We have constructed in Figure 4 a similar plot for the bait-vessel data for the years 1956-1958, in which each point represents the aggregate data for a five-degree fishing area. The linear regression ($Y = 38.7 + .21X$, $r = .554^*$), fitted to these data, is shown, together with the regression for the

---

* $<.05$ probability of chance occurrence.

purse-seine data. The 45-degree line through the origin indicates the locus of equal percentage of yellowfin in catches from both pure and mixed schools. For both gears, as the yellowfin tuna become more abundant in the catches from pure schools, the share of yellowfin in the catches from schools of mixed composition increases, but not proportionately. The average relationships for both fleets are remarkably similar. It was suggested by Orange, Schaefer and Larmie (1957) that this could reflect some underlying phenomenon of inter-species schooling of the yellowfin and skipjack tunas. A simple explanation could be that the rate of mixing among the schools, which were originally each composed of a single species, is slow in relation to the time available in which mixing can take place. The average size of tuna schools, of either mixed or pure composition, is probably quite uniform (Table 5). Mixed schools may be formed initially by the union of two pure schools, and this larger school presumably divides to yield two mixed schools. The first mix of equal-sized schools in an area, regardless of the ratio of the number of schools of pure yellowfin to the number of schools of pure skipjack, would result in a mixed school composed of 50 per cent of each species. As mixing progressed, the composition of these mixed schools would tend toward the ratio of the numbers of pure schools of each species in the area. The situation shown in Figure 4 would then result if the mixing had progressed only a little beyond the initial stages.

Distribution of size of catch from single schools

Table 3 shows the frequency distribution of the catch-per-school for the 2702 schools observed by our scientists aboard bait vessels during the period 1956-1958. Only those schools from which some catch was made are included, and there is therefore some under-representation in the first interval designated as one ton or less. The majority of the schools fished yielded small catches, the mean being 2.5 tons for all schools from which fish were taken. The mean catch from pure yellowfin schools was 1.5 tons, from pure skipjack schools 2.8 tons and from mixed yellowfin and skipjack schools 2.8 tons. The data are not weighted by area, and a considerable amount of the tonnage in the sample was from the Guayaquil and 14 fathom grounds off Peru where the yields of skipjack are high. Table 4 shows that portion of the data for the fishing grounds north of 15°N latitude. Here the mean catch from schools of pure yellowfin was 1.6 tons, from pure skipjack schools 1.9 tons and from mixed schools 3.0 tons. There is some suggestion that the schools of mixed composition, although no larger on the average than the pure schools (as indicated by purse-seine catches, Table 5) yield a greater amount of fish, per school, to baitboats.

Table 3 and Figure 5 indicate that the frequency distribution of the catch-per-school by the bait vessels for each type of school is "J" shaped

and skewed very strongly toward the small catches, as is also the case for the distribution of catches of individual sets of purse-seiners. It appears also that the relative frequency distribution is similar for schools of pure yellowfin, schools of pure skipjack and schools composed of a mixture of the two species. Figure 6 shows the catch-per-school distribution for each gear-type as a cumulative percentage. The vertical lines indicate that half the catch by the bait boats is made from schools yielding 5 tons or less and half the catch of the seiners is made from schools yielding 19 tons or less.

Orange, Schaefer and Larmie (1957) presented the average catch-per-successful-set by seiners, for each year from 1946 to 1955, for each of the three types of schools. From Table 1 we have computed similar values for each type of school for the years 1956-1958. The 13-year series is given in Table 5, together with the catch-per-day's absence of yellowfin and skipjack tuna for the Class III (101-200 tons capacity) purse-seine vessels, which were the most numerous component of the fleet during the years considered here. These data have been graphed in Figure 7 to show the relationship between apparent abundance of yellowfin tuna and the mean weight of schools of that species taken by the fleet. There appears to be some decrease in the mean weight of schools with a decrease in apparent abundance of yellowfin, but the correlation is not strong ($r = .415$, probability of chance occurrence .10). For the 13-year series the range of apparent abundance is about four times the lowest value, while there is, at most, only a 50 per cent change in the mean school weight. It may be inferred that, as the yellowfin tuna become less abundant, there is a decrease in the number of schools rather than any great change in the average size of the schools. This may indicate that there exists an optimum size for tuna schools which corresponds to the mean size of approximately 16 tons per school that has been taken by the purse-seine fleet over the past 13 years. This value is somewhat greater than the average size of skipjack schools captured during experimental purse-seine fishing near the Hawaiian Islands, as described by Murphy and Niska (1953), where only five schools were captured, three complete schools of less than one ton each, and catches of two and four tons from two schools where only a portion of the school was taken. The average catch of skipjack, per set, in the Eastern Tropical Pacific region for the past 13 years has been about 14 tons.

Evidence on the distribution of sizes of catches from skipjack schools fished by Hawaiian bait vessels is furnished by Yuen (1959). His frequency distribution for 73 schools, in numbers of fish, was converted to weight (from his Figure 5) and the resulting distribution compared with our Figure 5. The distribution of catches of skipjack from the Hawaiian area exhibits a "J" shaped curve and the points fall below the values obtained for the Eastern Tropical Pacific area. The mean catch per school

was about one ton compared with 2.8 tons from schools fished in the Eastern Tropical Pacific. It appears that the skipjack schools fished in the Eastern Tropical Pacific area are, on the average, somewhat larger than those fished in the vicinity of the Hawaiian Islands (assuming that the bait vessels capture the same percentage, on the average, of each school encountered in the two regions).

Size relationships

Comparison of length distributions of fish from single school and cannery samples

Schaefer (1948), commenting on sampling design, suggested that the tuna school be made the basic unit in sampling and that the total sample be composed of sub-samples drawn by representative or random methods from these schools selected randomly from the population. Problems in sampling the commercial catch of yellowfin and skipjack tunas have been examined in detail by Hennemuth (1957). The logistics of comprehensive size-frequency sampling dictate that the fish lengths be taken at the canneries during the unloading of the vessels. The fish are stowed aboard the vessel in wells that hold, generally, from 15 to 30 tons each. Individual samples, which are referred to here as "market measurement" samples, taken during unloading of a single well, or pair of wells, are therefore, on the average, sub-samples from mixtures of several schools. The samples taken by our scientists on board the commercial vessels are from individual schools and are referred to as "at sea" samples.

It is of interest to compare the parameters of the "market measurement" samples from the bait vessel catches, with those of the "at sea" samples. Comparative data on the lengths of yellowfin and skipjack tuna, from four major areas in the Eastern Tropical Pacific, by sampling method, are given in Table 6. The samples taken at sea are from both pure and mixed-species schools. The mean lengths of yellowfin tuna for both the samples taken at the cannery and those taken at sea are quite similar, in each area, with the exception of those from Baja California. Variance ratio tests (not included in table) comparing the variances within and between individual samples from each area, reject the null hypothesis that all the samples from each area are random samples from the same population of yellowfin tuna. In addition, the variance among individuals within samples from single schools is smaller than the variance among individuals within samples from "market measurement" samples, for all areas, as indicated in Table 6. Pooled estimate for total variance is considerably larger than the pooled estimate for variance among individuals within samples. We can conclude that the individuals composing a single school are more nearly like each other than would be expected if they were drawn at random from the whole population. Further, the members within the "market measurement" samples are also more like each other than would be expected if they were drawn at random from the whole population.

They are, however, less like each other than are the members of individual schools.

The skipjack measurements, also shown in Table 6, indicate that the mean lengths of fish in the "market measurement" and "at sea" samples, in each area, are quite similar. Variance ratio tests comparing the variances within and between individual samples from each area, reject the null hypothesis that all the samples from each area are random samples from the same population of skipjack. The variance among individuals within samples from single schools is similar to the variance among individuals within samples from "market measurement" samples, for all areas, as indicated in Table 6. Pooled estimate of total variance is considerably larger than the pooled estimate of the variance among individuals within samples. For skipjack we can conclude that the individuals composing single schools are more nearly like each other than would be expected if they were drawn at random from the whole population. Members within the "market measurement" samples are also more like each other than would be expected if they were drawn at random from the whole population. There is however, no difference in the amount of variation among individual members from samples taken "at sea" or at the canneries.

Size comparisons within and among schools of pure and mixed composition

Schaefer (1948), from a limited amount of data collected off Central America during the first four months of 1947, suggested that the tendency of tunas to aggregate by size might, in some cases, be stronger than the tendency to aggregate by species. With considerably more information on the lengths of fish from individual schools now available, it was thought that a study of the size relationships within and among these schools would be of interest. Table 7 lists the number of fish, mean length, range, variance and coefficient of variation for yellowfin tuna from 42 pure schools of that species, for skipjack from 64 pure schools of that species, and for yellowfin and skipjack from 57 mixed-species schools, fished by the bait vessels. The pure schools were encountered on the same cruises as the schools of mixed composition. The frequency distributions of the lengths of all the tuna in each of the four categories are shown in Figure 8. Yellowfin tuna from pure schools appear to be, on the average, larger than those taken from schools of mixed composition. There is a great deal of variation among individual schools, both pure and mixed. The frequency distributions for the lengths of skipjack tuna from schools of pure and mixed-species composition are quite similar.

A limited amount of information on the sizes of fish from purse-seine sets was also available from two cruises, one in the spring of 1956 and the other during the same period in 1959. Table 8 lists the number of fish, mean length, range, and variance for yellowfin from 24 pure schools, yellowfin from six schools of mixed-species composition, skipjack from four

schools of mixed-species composition, and skipjack from one pure school. The observations are not sufficient to permit valid comparison among skipjack samples from schools of pure and mixed-species composition. For yellowfin, the frequency distribution of the lengths of fish from each school-type is shown in Figure 9. The larger fish are apparently found in the pure yellowfin schools.

It is also of interest to compare the variation in the sizes of tuna from pure-species schools with the variation in sizes of tuna from schools of mixed composition. For samples from baitboat catches of each school-type, preliminary examination of the variances within schools (Table 7) indicated that their distribution, in each case, was strongly skewed toward the smaller values. The distributions were made approximately normal by a logarithmic transformation, i.e. by taking the logarithm of each variance. The resulting frequency distributions are plotted in Figure 10. The variances for samples from pure yellowfin schools are considerably greater, on the average, than the variances for samples of yellowfin taken from schools also containing skipjack. Conversely, the variances of samples from pure skipjack schools are considerably smaller, on the average, than the variances for skipjack from schools also containing yellowfin. The analysis of variance of these distributions of logarithms of individual-school variances, shown in Table 9, indicates that these differences, for both species, are significant. The yellowfin tuna from the pure schools, however, were larger (Figure 8) than the yellowfin from schools of mixed composition. We therefore examined the coefficients of variation for each series and concluded that the difference in variances was not the result of difference in the lengths of fish in the two series of samples. The skipjack from pure schools and from mixed schools were of similar average length so examination of the coefficients of variation was considered unnecessary.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

The geographical distributions of yellowfin and skipjack tuna populations fished commercially in the Eastern Tropical Pacific Ocean overlap to a large extent and catches are usually composed of a mixture of the two species. An understanding of schooling behavior is essential to proper management of the tuna resources. Using the log book records from the purse-seine fleet, and "at sea" observations from both types of vessels, we have assembled data on the composition of the catch from individual schools, by species and by size. The purse-seine information on species composition spans a thirteen-year period and includes, during the last eight years, almost all of the seine-fleet catch. The bait-vessel data for the years 1956-1958 were obtained from a selected group of vessels and represent about two per cent of the catch of the bait fleet during the

period. Inferences concerning school size, mixing of species within schools, and length composition of schools are based on that portion of the schools captured, therefore some caution must be exercised when applying these results to the behavior of the total population.

Purse-seine vessels obtain approximately 90 per cent of their tuna catch, and bait vessels about 65 per cent of their catch, from schools each consisting of but a single species. Some of the difference in the average species composition of the landings of the two fleets is probably due to temporal and spatial differences in fishing operations, rather than selectivity of the gear employed. Recent expansion of the purse-seine fleet to include larger vessels, fishing on a year-around basis, may result in considerable change in the species composition of the catch of that fleet.

For both gears, as the ratio of catch of yellowfin tuna from pure schools to the catch of skipjack from pure schools increases, the share of yellowfin in the catch from mixed schools increases, but not proportionately. This could result from incomplete mixing of the pure schools of the two species during the formation of the mixed schools.

The frequency distribution of catch-per-school, for both gears, is "J" shaped, and skewed very strongly toward the small catches. Half the total catch by purse-seine vessels consists of individual catches of 19 tons or less, while half the catch by the bait fleet is made from schools yielding less than five tons each.

Mixed schools are apparently no larger than pure-species schools, since the mean catch-per-successful set by the purse-seine fleet is quite similar for pure and mixed schools. There is some indication that, at least in the northern regions of the fishery, bait vessels obtain a larger catch-per-school from schools of mixed composition than they do from pure-species schools.

Decrease in the average catch from pure yellowfin schools, fished by the purse-seine vessels, with a decrease in apparent abundance of yellowfin tuna is slight, and may be non-existent. It appears that, as the yellowfin tuna become less abundant, there occurs a decrease in the number of schools rather than any great change in the average size of each school.

Measurements of samples of lengths of yellowfin and skipjack tuna from vessels unloading at the canneries, were compared with measurements from individual schools. It was found, for yellowfin tuna, that the pooled within-sample variance was, for the cannery samples, about twice as great as the pooled within-sample variance for the samples from single schools. For skipjack tuna, there was little difference between the pooled within-sample variances of the two kinds of samples. The catches by both types of gear indicated that the yellowfin tuna from pure schools are, on the average, larger than those taken from schools of mixed composition.

For the purse-seine catches, this difference is most striking. The average size-frequency distributions of skipjack from schools of pure and mixed-species composition appear to be quite similar.

Comparison of the variances of samples of lengths from schools of pure and mixed-species composition indicated a significantly greater amount of variation among yellowfin samples from pure schools than among yellowfin samples from schools of mixed composition.

The data clearly indicate that the yellowfin and skipjack tuna do school by species, as a large share of the total catch by both types of gear is made from single-species schools, although the geographical distributions of the two species overlap to a large degree. Schooling by size is also demonstrated as the individuals from each school are more like each other than would be expected if they were drawn at random from the entire population. Schooling by size is evidently somewhat modified by the species relationship, as yellowfin tuna from schools of mixed composition are smaller and vary less in length range than the yellowfin from pure schools.

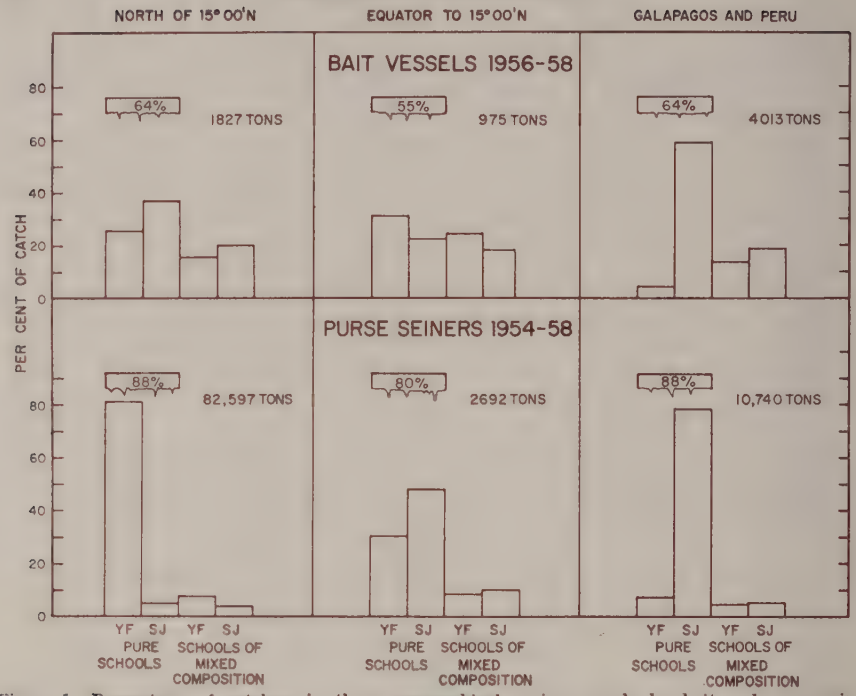

Figure 1. Percentage of catches, in three geographical regions, made by bait and purse-seine vessels, from schools of pure and mixed-species composition.

Figura 1. Porcentajes de las pescas, en tres regiones geográficas, hechas por los barcos de carnada y rederos en cardúmenes puros y de especies mezcladas.

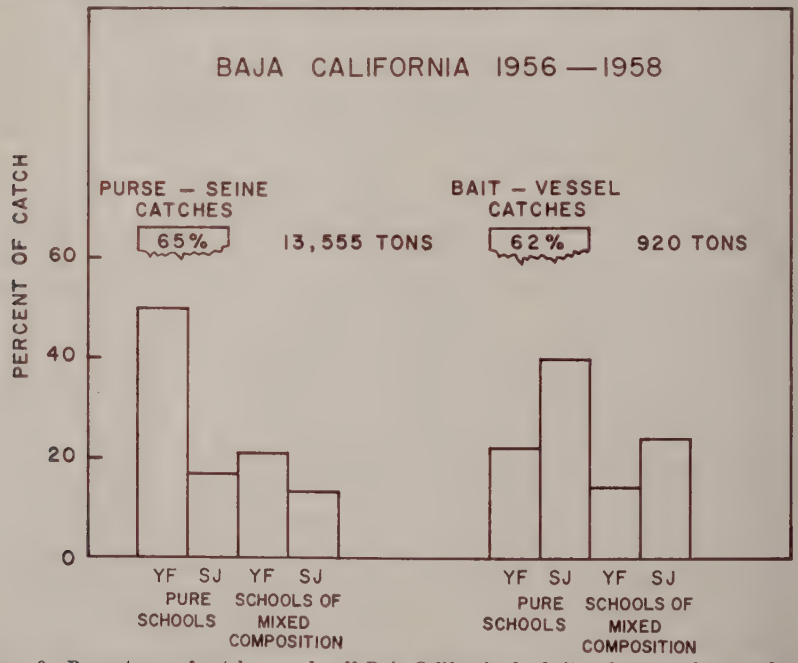

Figure 2. Percentages of catches, made off Baja California, by bait and purse-seine vessels, from schools of pure and mixed-species composition.

Figura 2. Porcentajes de las pescas hechas frente a Baja California, por los barcos de carnada y rederos, en cardúmenes puros y de especies mezcladas.

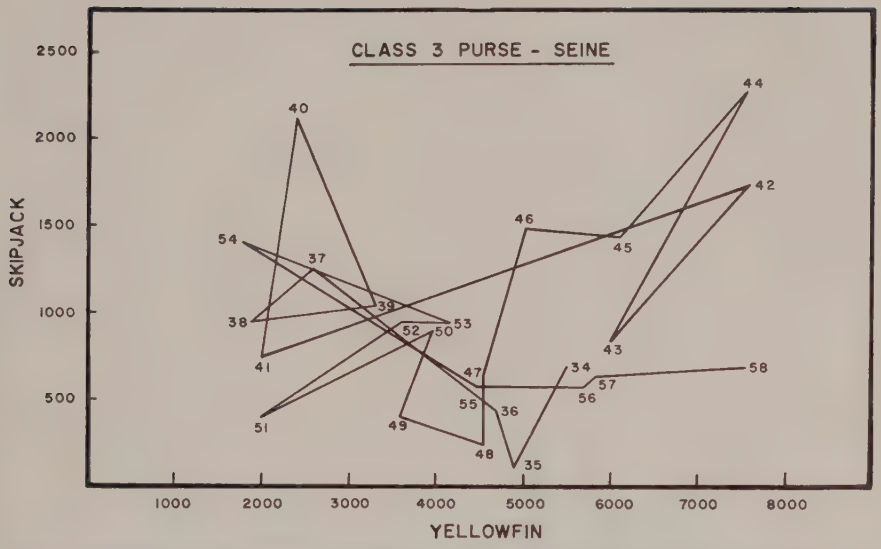

Figure 3. Catch-per-day's-absence of skipjack tuna plotted against catch-per-day's-absence of yellowfin, 1934-1958, for Class III purse-seine vessels.

Figura 3. Pesca de barrilete por día de ausencia graficada contra la pesca de atún aleta amarilla por día de ausencia, de la Clase III de los barcos rederos, de 1934-1958.

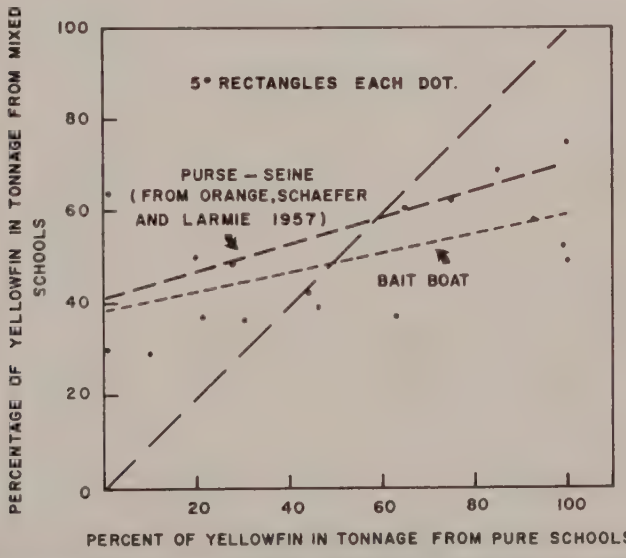

Figure 4. Relationship between percentage of yellowfin tuna captured from single-species schools and percentage of yellowfin catch from mixed-species schools.

Figura 4. Relación entre el porcentaje del atún aleta amarilla capturado en cardúmenes puros y el porcentaje de la pesca de la misma especie en cardúmenes de composición mixta.

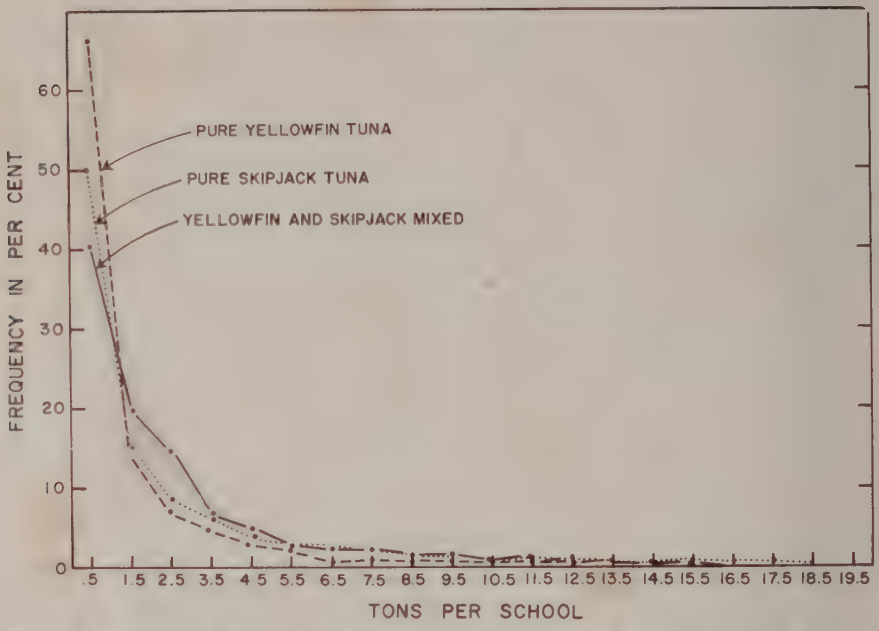

Figure 5. Percentage frequency distributions of catch-per-school by bait vessels, by category of school, from samples taken during 1956-1958.

Figura 5. Porcentaje de las distribuciones de frecuencia de la pesca por cardumen de los barcos de carnada, por categorías del cardumen, de las muestras tomadas durante 1956-1958.

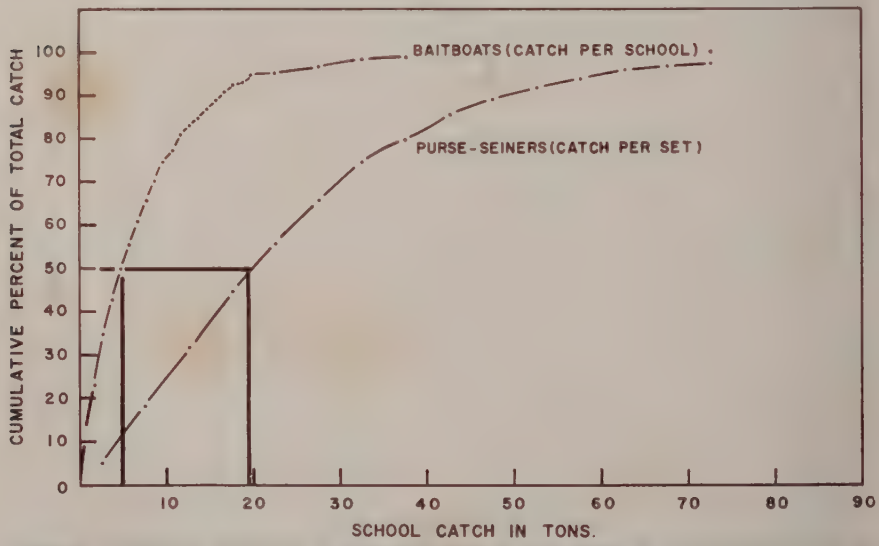

Figure 6. Cumulative percentage of total tuna catch of bait vessels by catch-per-school and for purse-seine vessels by catch-per-set during the years 1956-1958.

Figura 6. Porcentaje acumulativo de la pesca total de atún de los barcos de carnada por pesca por cardumen y de los barcos rederos por pesca por calada, durante los años 1956-1958.

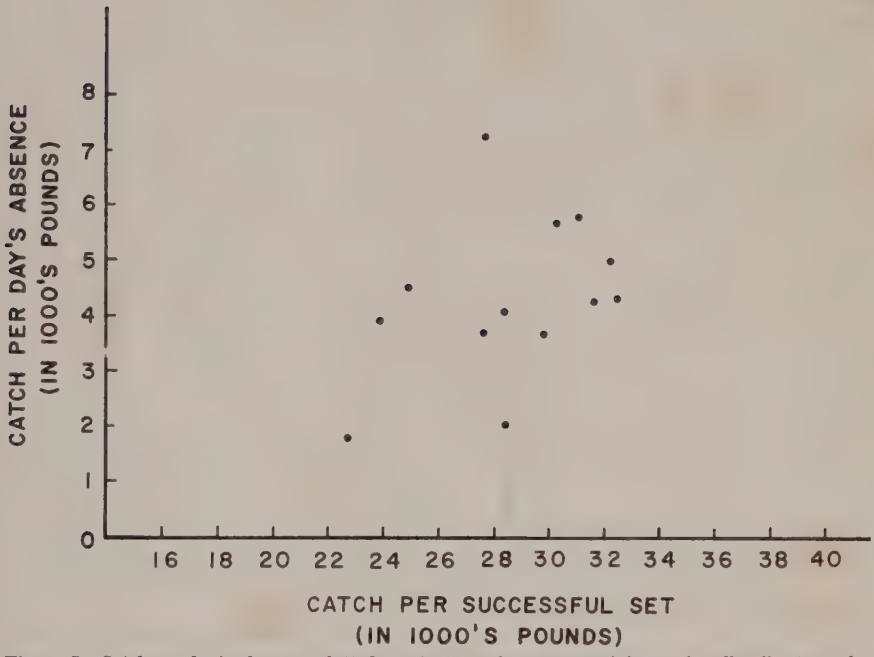

Figure 7. Catch-per-day's-absence plotted against catch-per-successful-set of yellowfin tuna for purse-seine vessels for period 1946-1958.

Figura 7. Pesca de atún aleta amarilla por día de ausencia contra la pesca por calada con éxito de los barcos durante el período 1946-1958.

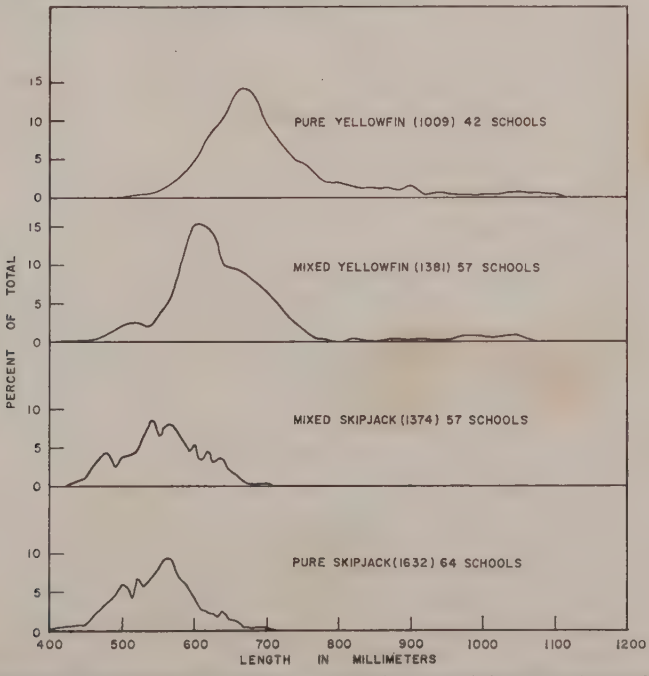

Figure 8. Frequency distributions of lengths of yellowfin and skipjack tuna from schools of pure and mixed-species composition sampled from bait vessel catches.

Figura 8. Distribuciones de frecuencia de las longitudes de atunes aleta amarilla y barrilete de cardúmenes puros y de especies mezcladas muestreados de las pescas de los barcos de carnada.

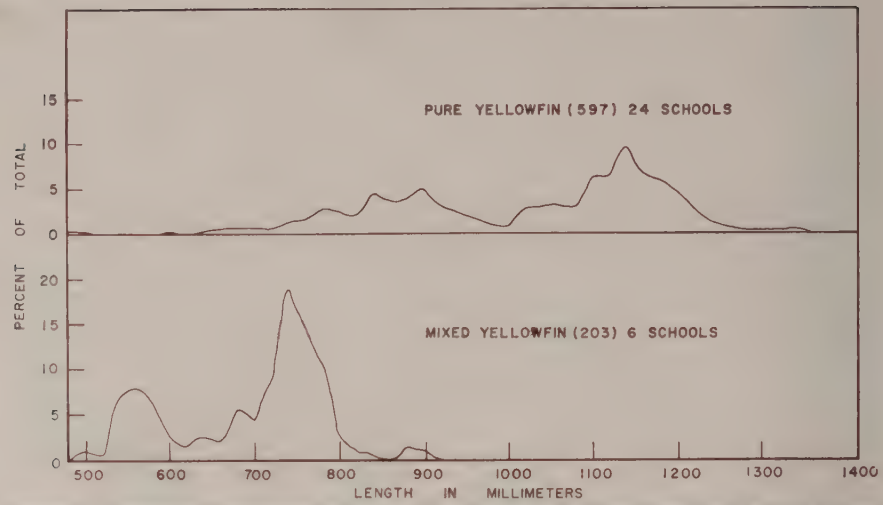

Figure 9. Frequency distributions of lengths of yellowfin and skipjack tuna from schools of pure and mixed-species composition sampled from purse-seine vessel catches.

Figura 9. Distribuciones de frecuencia de las longitudes de atunes aleta amarilla y barrilete de cardúmenes puros y de especies mezcladas muestreados de las pescas de los barcos rederos.

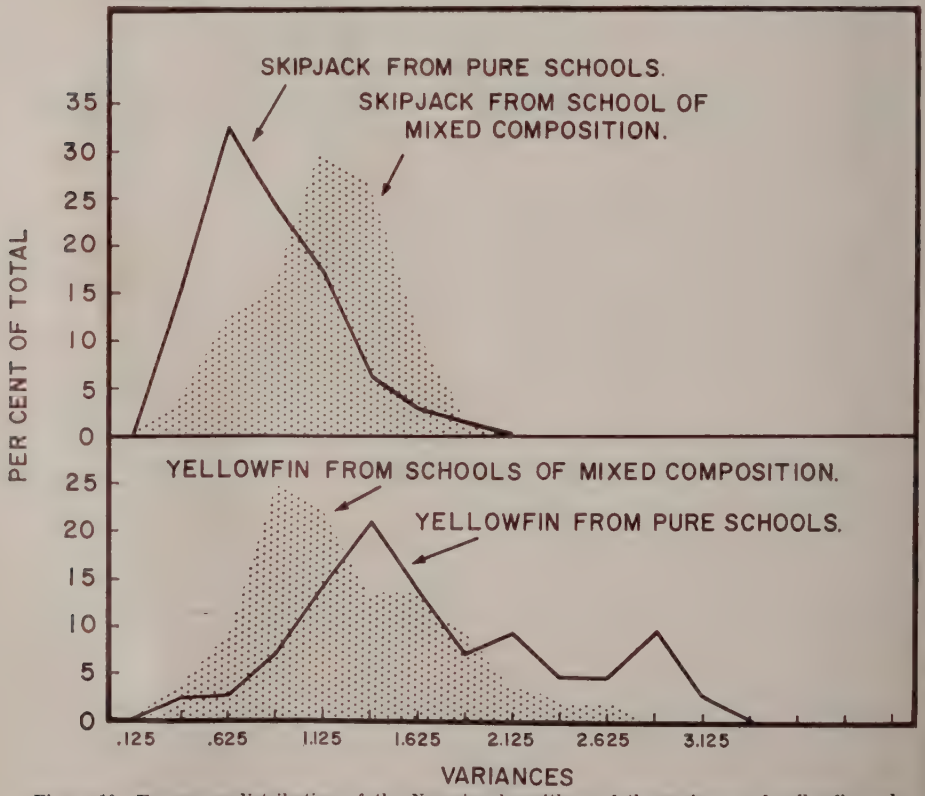

Figure 10. Frequency distribution of the Naperian logarithms of the variances of yellowfin and skipjack tuna samples from schools of pure and mixed-species composition.

Figura 10. Distribución de frecuencia de los logaritmos de Naperian de las variancias de atunes aleta amarilla y barrilete de muestras de cardúmenes puros y de especies mezcladas.

Table 1. Number of purse-seine sets, and corresponding total catch, in tons, on schools of single species and on schools of mixed species, by statistical areas, for the years 1956-1958.

Tabla 1. Número de caladas de los barcos rederos y la correspondiente pesca total, en toneladas, en cardúmenes de una sola especie y en cardúmenes de especies mezcladas, por áreas estadísticas, durante los años 1956-58.

Area	SINGLE SPECIES SCHOOLS				MIXED SPECIES SCHOOLS				
	Yellowfin		Skipjack		Yellowfin		Skipjack	Yellowfin & Skipjack	
	Sets	Catch	Sets	Catch	Sets	Catch		Sets	Catch
	CARDUMENES DE UNA SOLA ESPECIE				CARDUMENES DE ESPECIES MEZCLADAS				
Area	Atún aleta amarilla		Barrilete		Atún aleta amarilla		Barrilete	Atún aleta amarilla & Barrilete	
	Caladas	Pesca	Caladas	Pesca	Caladas	Pesca		Caladas	Pesca
				1956					
S-05-080	5	38	56	979	1	2	40	8	93
05-075			1	1					
05-085	10	263							
10-085	2	42						1	26
15-105	1	1			2	20	15		
15-110	520	10,005	7	119	3	63	14		
20-105	466	4,974	24	471	94	1,304	339	9	92
20-110	220	3,233	53	613	33	325	218	7	56
25-110A			1	12					
25-110B	3	7	20	116	2	7	1		
25-115	2	22			1	8	1		
Total	1,229	18,585	162	2,311	136	1,729	628	25	267
				1957					
S-05-080	6	21	29	434	8	24	21	2	12
15-100	72	1,386							
15-105	4	99							
15-110	416	5,405	24	337	7	25	54	1	15
20-105	387	6,880	14	71	15	167	70	23	344
20-110	24	335	39	299	15	28	87		
20-115	1	35							
25-105	1	8							
25-110B	51	739	28	253	43	575	435		
25-115			6	71					
30-115	1	5	8	30					
Total	963	14,913	148	1,495	88	819	667	26	371
				1958					
S-10-075	1	4	3	11					
S-05-080	16	214	50	1,224	8	53	31	5	274
00-075	1	10							
05-075			1	2					
05-080	1	6							
05-085	1	8							
15-095	3	39							
15-100	47	577							
15-110	166	1,889	19	225	7	45	36	2	17
20-105	416	6,196							
20-110	32	463	8	101	9	71	72	1	7
25-105	318	4,403	1	3					
25-110B	134	1,776	14	146	92	932	380	79	1,236
25-110A	174	2,595							
25-115	3	27	10	182	6	29	54	9	126
30-115	3	15	28	437	3	13	10	2	14
Total	1,316	18,222	134	2,332	125	1143	583	98	1,674

Table 2. Tonnages, by five-degree areas, of yellowfin and skipjack tuna from pure schools and from mixed schools, estimated by scientists aboard commercial bait vessels during the period March 1956-December 1958.

Tabla 2. Tonelajes de atún aleta amarilla y barrilete procedente de cardúmenes puros y cardúmenes mezclados, por áreas de cinco grados, estimados por científicos a bordo de barcos comerciales de carnada durante el período marzo de 1956-diciembre de 1958.

Area	Single species schools		Mixed species schools	
	Yellowfin	Skipjack	Yellowfin	Skipjack
Area	Cardúmenes de una sola especie		Cardúmenes de especies mezcladas	
	Atún aleta amarilla	Barrilete	Atún aleta amarilla	Barrilete
25-110	86-¾	214	101-¾	177-¼
20-110	118-¾	152-½	29-½	39-¾
20-105	62-¾	72-¾	35-¼	55-¼
15-110B	93-¾	237-½	81	84
15-105	64-¾	11-¾	10-½	4-¾
15-100	30-¼	-	14-¼	4-¾
15-095	32	-	4-¾	5
15-090	-	-	½	1
10-095	3-½	-	-	-
10-090	92	30-¾	63-¾	38-¼
10-085	53	¼	29	26-¾
10-100	9	-	-	-
05-085	5-¼	-	-	-
05-080	91	7-½	37-¾	27-¼
05-075	27-¾	14-¾	103-¾	66-¼
00-080	19-¾	73	5	8-¼
00-075	10-¾	98-½	9-½	22-½
00-090	1	176-¾	9-¾	22
S-05-080	152	631-¼	221-½	219-¾
S-10-075	89-¾	1339-¾	316-½	543
S-20-070	½	212-¼	12	9-½
S-25-070	½	21	22	12
TOTALS TOTALES	1044-¾	3294-¼	1108	1367-¼

Table 3. The frequency distribution of the catch-per-school of baitboats for all schools of pure and mixed species composition observed during 1956-58.

Tabla 3. Distribución de frecuencia de la pesca por cardumen de los barcos de carnada, por todos los cardúmenes compuestos de especies puras y mezcladas, observada durante 1956-1958.

Catch	Single species schools				Mixed species schools		Total	
	Yellowfin		Skipjack					
	Number	Per Cent	Number	Per Cent	Number	Per Cent	Number	Per Cent
Pesca	Cardúmenes de una sola especie				Cardúmenes de especies mezcladas		Total	
	Atún aleta amarilla		Barrilete					
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
1 ton or less 1 tonelada o menos	450	66.1	587	51.4	346	39.4	1383	51.2
> 1- 2	96	14.1	179	15.7	172	19.6	447	16.5
> 2- 3	45	6.6	104	9.1	129	14.7	278	10.3
> 3- 4	29	4.3	65	5.7	60	6.8	154	5.7
> 4- 5	17	2.5	38	3.3	47	5.3	102	3.8
> 5- 6	13	1.9	32	2.8	26	3.0	71	2.6
> 6- 7	3	.4	30	2.6	19	2.2	52	1.9
> 7- 8	3	.4	19	1.7	23	2.6	45	1.7
> 8- 9	5	.7	14	1.2	12	1.4	31	1.1
> 9-10	3	.4	14	1.2	12	1.4	29	1.1
>10-11	4	.6	4	.4	10	1.1	18	.7

Table 3. Continued

>11-12	4	.6	13	1.1	6	.7	23	.9
>12-13	2	.3	7	.6	1	.1	10	.4
>13-14	0	.0	6	.5	2	.2	8	.3
>14-15	3	.4	3	.3	4	.5	10	.4
>15-16	0	.0	4	.4	3	.3	7	.3
>16-17	0	.0	7	.6	2	.2	9	.3
>17-18	0	.0	3	.3	2	.2	5	.2
>18-19	2	.3	1	.1	1	.1	4	.1
>19-20	2	.3	2	.2	1	.1	5	.2
>20-25	0	.0	2	.2	0	.0	2	.1
>25-30	0	.0	4	.4	0	.0	4	.1
>30-35	0	.0	2	.2	0	.0	2	.1
>35-40	0	.0	1	.1	0	.0	1	.0
>70-75	0	.0	1	.1	0	.0	1	.0
Total	681		1142		878		2701	
Tons Toneladas	1044-¾		3226-¼		2475-¼		6746-¼	
Tons per school Tonelada por cardumen	1.53		2.83		2.82		2.50	

Table 4. The frequency distribution of the catch-per-school by baitboats, for schools of pure and mixed species composition for the area north of 15 degrees north latitude for the years 1956-1958.

Tabla 4. Distribución de frecuencia de la pesca por cardumen de los barcos de carnada, por los cardúmenes compuestos de especies puras y mezcladas, por el área al norte de los 15 grados de latitud norte por los años 1956-1958.

Catch	Single species schools				Mixed species schools		Total	
	Yellowfin		Skipjack					
	Number	Per Cent	Number	Per Cent	Number	Per Cent	Number	Per Cent
Pesca	Cardúmenes de una sola especie				Cardúmenes de especies mezcladas		Total	
	Atún aleta amarilla		Barrilete					
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
1 ton or less 1 tonelada o menos	181	59.7	215	66.3	78	36.6	474	56.4
> 1- 2	47	15.5	48	14.8	46	21.6	141	16.8
> 2- 3	28	9.2	21	6.5	32	15.0	81	9.6
> 3- 4	19	6.3	13	4.0	16	7.5	48	5.7
> 4- 5	8	2.6	7	2.2	10	4.7	25	3.0
> 5- 6	7	2.3	5	1.5	3	1.4	15	1.8
> 6- 7	1	.3	3	.9	5	2.3	9	1.1
> 7- 8	0	.0	0	.0	5	2.3	5	.6
> 8- 9	3	1.0	3	.9	5	2.3	11	1.3
> 9-10	1	.3	0	.0	3	1.4	4	.5
>10-11	2	.7	0	.0	2	.9	4	.5
>11-12	1	.3	2	.6	3	1.4	6	.7
>12-13	1	.3	0	.0	1	.5	2	.2
>13-14	0	.0	0	.0	0	.0	0	.0
>14-15	1	.3	1	.3	2	.9	4	.5

Table 4. Continued

>15-16	0	.0	1	.3	1	.5	2	.2
>16-17	0	.0	3	.9	0	.0	3	.4
>17-18	1	.3	1	.3	0	.0	2	.2
>18-19	1	.3	0	.0	1	.5	2	.2
>19-20	1	.3	0	.0	0	.0	1	.1
>35-40	0	.0	1	.3	0	.0	1	.1
Total	303		324		213		840	
Tons								
Toneladas	489		620-½		649-¼		1758-¾	
Tons per school								
Toneladas por cardumen	1.61		1.92		3.05		2.09	

Table 5. The mean catches, in 1000's of pounds, of individual sets, by purse-seine vessels fishing schools of pure yellowfin, schools of pure skipjack, and mixed-species schools; and the catch-per-day's-absence of each species for the years 1946-1958, by Class III vessels.

Tabla 5. Pescas promedio, en miles de libras, por caladas individuales de los barcos rederos al capturar cardúmenes de atún aleta amarilla puro, cardúmenes de barrilete puro y cardúmenes de especies mezcladas; y la pesca de cada especie por día de ausencia, por los años 1946-1958, de la Clase III.

Year	CATCH-PER-SUCCESSFUL-SET			CATCH-PER-DAY'S-ABSENCE	
	Single species schools		Mixed species schools	Yellowfin	Skipjack
Año	PESCA POR CALADA AFORTUNADA			PESCA POR DIA DE AUSENCIA	
	Cardúmenes de una sola especie		Cardúmenes de especies mezcladas	Atún aleta amarilla	Barrilete
	Atún aleta amarilla	Barrilete			
1946	32.2	16.0	31.4	5.0	1.5
1947	32.4	21.2	31.0	4.3	.7
1948	31.6	38.2	13.0	4.3	.2
1949	29.8	39.4	25.4	3.7	.4
1950	23.8	27.6	23.4	3.9	.9
1951	28.4	29.8	17.6	2.0	.4
1952	27.6	21.2	23.2	3.7	1.0
1953	28.4	23.8	27.0	4.1	1.0
1954	22.6	30.6	24.0	1.8	1.4
1955	24.8	28.8	31.4	4.5	.6
1956	30.2	28.6	32.6	5.7	.6
1957	31.0	20.2	32.6	5.8	.6
1958	27.6	34.8	29.6	7.3	.7
13-year mean					
Promedio do 13 años	28.5	27.7	26.3		

Source: Inter-American Tropical Tuna Commission logbook records from California based purse-seine vessels.

Registros de la Comisión Interamericana del Atún Tropical de los cuadernos de bitácora de los barcos rederos con base en California.

Table 6. A comparison between "market measurement" and single school samples of yellowfin and skipjack tuna from four areas of the Eastern Tropical Pacific Ocean.

Tabla 6. Comparación entre "medidas en el mercado" y muestras de cardúmenes de una sola especie de atún aleta amarilla y barrilete de cuatro áreas del Océano Pacífico Oriental Tropical.

		"MARKET MEASUREMENT"						SINGLE SCHOOLS					
Date	Area	N	NS	Mean	Variance: Total for area	Variance: Individual within samples	Coefficient of variation	N	NS	Mean	Variance: Total for area	Variance: Individual within samples	Coefficient of variation
Fecha	Area	N	NM	Promedio	Variancia: Total del área	Variancia: Individual dentro de las muestras	Coeficiente de variación	N	NM	Promedio	Variancia: Total del área	Variancia: Individual dentro de las muestras	Coeficiente de variación
					YELLOWFIN — ATUN ALETA AMARILLA								
June, July, 1957	Baja California	500	10	730.8	23,523	6,068	10.6	341	14	644.8	8,103	3,022	8.5
December, 1956	Tres Marías Is.	418	8	657.8	11,612	10,952	15.9	200	8	672.6	15,266	9,852	14.8
March, April, 1957	Central America	500	10	725.9	35,241	16,363	17.6	641	26	684.7	8,508	2,501	7.3
December, 1955	Peru	1034	4	712.1	16,457	13,397	17.8	329	10	723.7	28,296	11,692	15.0
Pooled estimate Estimación combinada				712.1	22,541	13,402	16.2			682.6	13,616	5,608	11.0
					SKIPJACK — BARRILETE								
Aug., Sept., 1957	Baja California	500	10	512.8	2,339	1,429	7.4	226	8	503.3	1,342	537	4.6
Nov., Dec., 1956	Tres Marías Is.	551	10	582.3	2,261	820	4.9	499	20	597.4	1,576	904	5.0
June, 1957	Central America	400	8	551.0	858	825	5.2	416	18	561.0	1,468	850	5.2
Feb., March, April, 1956	Central America	849	8	565.1	3,000	1,225	6.2	454	19	558.3	3,385	2,335	8.7
Nov., Dec., 1956	Peru	695	10	523.1	831	674	5.0	181	7	540.6	558	514	4.2
Pooled estimate Estimación combinada				548.0	1,964	1,004	5.8			561.1	1,880	1,170	6.1

N—Number of fish
NS—Number of samples

N—Número de peces
NM—Número de muestras

Table 7. Statistics on samples of lengths of yellowfin and skipjack tuna measured from the catches by bait vessels fishing schools of pure and mixed species composition.

Tabla 7. Estadísticas sobre las muestras de longitudes de atún aleta amarilla y barrilete de las pescas de los barcos de carnada al capturar cardúmenes puros y de composición mezclada.

Yellowfin from pure schools					Yellowfin from mixed schools					Skipjack from mixed schools				Skipjack from pure schools			
No.	Mean	Range	Variance	Coefficient of variation	No.	Mean	Range	Variance	Coefficient of variation	No.	Mean	Range	Variance	No.	Mean	Range	Variance
Atún aleta amarilla de cardúmenes puros					Atún aleta amarilla de cardúmenes mezclados					Barrilete de cardúmenes mezclados				Barrilete de cardúmenes puros			
No.	Promedio	Amplitud	Variancia	Coeficiente de variación	No.	Promedio	Amplitud	Variancia	Coeficiente de variación	No.	Promedio	Amplitud	Variancia	No.	Promedio	Amplitud	Variancia
10	864	728-1059	19,182	16.0	25	637	551-859	5,096	11.2	25	647	621-678	271	30	596	529-657	1,152
12	863	605-1136	30,715	20.3	25	614	521-692	1,076	5.3	25	589	536-638	958	25	615	527-697	2,600
25	874	538-1157	51,357	25.7	10	512	491-545	307	3.4	26	490	455-552	793	30	598	504-643	723
25	630	544-892	6,666	13.0	15	946	852-1051	3,211	6.0	15	613	549-678	1,817	25	485	452-521	266
25	650	570-865	4,549	10.4	15	960	717-1053	6,335	8.3	25	512	460-612	1,871	30	481	455-526	244
25	690	594-898	6,000	11.2	25	983	474-1055	13,457	11.8	25	489	452-524	276	25	561	499-667	1,871
25	624	544-754	1,651	6.5	24	609	561-656	643	4.2	24	486	468-526	229	25	592	519-645	971
25	673	604-754	2,423	7.3	25	632	582-694	1,011	5.0	19	530	468-610	1,881	25	626	581-660	618
25	718	646-922	6,636	11.4	25	674	599-829	4,200	9.6	25	575	482-657	2,758	25	586	455-660	2,569
25	814	643-1139	20,056	17.4	25	651	565-682	797	4.3	25	574	482-649	2,646	25	591	525-630	700
24	680	602-744	1,079	4.8	25	623	567-643	524	3.7	25	516	448-629	2,003	25	562	541-607	202
25	758	706-873	1,267	4.7	25	576	514-647	1,791	7.3	25	509	440-583	1,543	25	658	612-714	448
25	750	610-1109	12,300	14.8	25	599	525-665	1,571	6.6	25	557	478-668	2,779	25	586	520-651	1,228
25	702	644-794	1,663	5.8	25	693	638-734	489	3.2	25	583	504-666	1,561	25	586	533-636	897
25	688	631-738	597	3.5	22	679	599-753	1,133	5.0	25	566	475-670	3,706	25	589	552-637	668
25	688	590-722	1,097	4.8	25	702	640-759	701	3.8	25	556	498-646	1,728	25	512	435-565	786
25	677	527-769	2,196	6.9	25	654	562-680	576	3.7	25	553	497-655	1,611	25	530	486-569	401
25	711	654-791	1,664	5.7	25	689	632-744	683	3.8	25	645	595-702	758	25	563	526-587	303
25	678	602-833	1,467	5.6	25	690	647-736	567	3.4	23	614	567-647	508	25	547	515-576	211
25	681	617-798	1,226	5.1	25	686	566-827	2,701	6.1	25	608	530-665	1,132	25	540	486-587	309
25	734	653-842	2,543	6.9	25	687	631-750	844	4.2	25	615	518-667	1,471	25	535	503-569	316
25	694	637-749	900	4.3	23	701	633-753	1,121	4.8	25	609	541-651	1,201	25	576	538-605	269
30	722	641-883	3,567	8.3	25	726	679-770	889	4.1	25	616	561-666	847	25	575	555-603	167
25	963	700-1299	26,391	16.9	25	712	610-824	2,244	6.7	25	595	534-660	1,549	25	564	528-600	412
25	706	538-763	1,956	6.3	25	719	676-781	771	3.9	25	585	527-661	1,238	25	569	548-602	326
17	1024	829-1387	34,438	18.1	25	703	650-751	591	3.5	25	615	547-664	891	25	566	533-591	197
25	654	548-707	1,309	5.5	25	668	527-777	2,764	7.9	25	592	500-664	1,875	25	553	534-570	825
25	649	529-694	1,416	5.8	25	599	514-668	1,104	5.5	9	622	557-683	2,919	25	521	485-554	392
25	651	557-786	1,673	6.3	25	603	583-622	224	2.5	25	571	515-636	775	25	531	478-558	489
25	685	622-739	543	3.4	25	638	600-696	636	3.9	25	542	506-586	477	25	510	462-554	526
25	806	666-898	3,042	6.8	25	599	527-634	737	4.5	25	561	458-627	1,226	25	531	492-583	366
20	628	587-679	211	2.3	25	590	525-632	652	4.3	25	568	528-611	416	25	518	450-562	782
25	625	562-671	509	3.6	24	581	450-699	2,764	9.1	16	586	528-685	1,745	25	511	464-550	458
26	635	613-687	318	2.8	25	598	414-773	5,636	12.6	25	554	500-597	529	25	507	433-572	1,767
25	716	633-910	4,224	9.1	25	617	468-693	1,563	6.4	25	545	480-597	804	25	658	631-690	298
25	656	603-722	1,057	5.0	25	637	603-677	396	3.1	20	542	472-606	1,654	25	602	509-675	1,604
25	801	725-1070	8,217	11.3	25	626	568-658	361	3.0	25	533	467-599	1,133	24	580	535-650	799
25	682	597-852	3,000	8.0	25	615	575-639	317	2.9	25	557	500-647	892	25	587	526-665	894
25	666	568-749	2,267	7.1	25	623	587-658	257	2.6	25	551	510-586	364	32	498	465-528	210
25	1391	1292-1621	10,131	7.2	25	606	477-665	1,667	6.7	25	559	515-593	501	35	497	467-546	396

Table 7. Continued

Yellowfin from pure schools					Yellowfin from mixed schools					Skipjack from mixed schools				Skipjack from pure schools			
No.	Mean	Range	Variance	Coefficient of variation	No.	Mean	Range	Variance	Coefficient of variation	No.	Mean	Range	Variance	No.	Mean	Range	Variance
Atún aleta amarilla de cardúmenes puros					Atún aleta amarilla de cardúmenes mezclados					Barrilete de cardúmenes mezclados				Barrilete de cardúmenes mezclados			
No.	Promedio	Amplitud	Variancia	Coeficiente de variación	No.	Promedio	Amplitud	Variancia	Coeficiente de variación	No.	Promedio	Amplitud	Variancia	No.	Promedio	Amplitud	Variancia
25	756	654-910	3,407	7.7	25	605	536-664	943	5.1	25	559	477-600	834	29	497	468-549	324
25	742	660-779	813	3.8	25	608	484-648	1,031	5.3	25	566	519-600	431	25	524	484-584	433
					25	540	417-604	1,733	7.7	25	572	518-601	461	25	536	489-575	586
					25	621	581-652	369	3.1	26	559	512-584	842	25	472	426-522	711
					28	750	532-1070	20,825	19.2	25	537	515-563	238	25	515	484-552	392
					25	529	485-849	843	5.5	25	471	431-526	392	25	508	434-598	1,514
					25	632	526-709	3,544	9.4	25	556	504-635	531	24	586	542-646	536
					25	568	482-696	4,497	11.8	25	478	442-564	907	24	585	564-617	191
					25	638	460-750	5,003	11.1	25	486	458-561	461	24	435	408-462	191
					25	688	562-752	2,364	7.1	25	522	464-637	3,019	25	573	515-613	722
					25	674	562-752	2,243	7.0	25	604	561-741	1,696	25	555	500-594	583
					25	733	592-790	1,823	5.8	25	567	415-651	2,400	25	549	500-583	467
					21	572	514-609	771	4.9	21	525	441-593	1,409	25	576	550-607	153
					25	614	522-713	1,309	5.9	25	631	563-674	550	25	567	527-607	444
					26	602	508-632	631	4.2	25	591	512-642	1,149	25	586	536-621	464
					27	640	588-695	627	3.9	25	549	507-576	325	25	557	506-627	744
					24	636	597-666	551	3.7	25	547	511-597	386	25	581	541-613	442
														25	567	489-621	736
														25	619	523-652	1,201
														25	625	588-662	424
														25	575	548-593	217
														25	511	470-614	1,182
														25	493	417-527	625
														25	503	478-564	444

Table 8. Statistics on samples of lengths of yellowfin and skipjack tuna measured from the catches by purse-seine vessels fishing schools of pure and mixed species composition.

Tabla 8. Estadísticas sobre las muestras de longitudes de atún aleta amarilla y barrilete de las pescas de los barcos rederos al capturar cardúmenes puros y de composición mezclada.

Yellowfin from pure schools				Yellowfin from mixed schools				Skipjack from mixed schools				Skipjack from pure schools			
No.	Mean	Range	Variance	No.	Mean	Range	Variance	No.	Mean	Range	Variance	No.	Mean	Range	Variance
Atún aleta amarilla de cardúmenes puros				Atún aleta amarilla de cardúmenes mezclados				Barrilete de cardúmenes mezclados				Barrilete de cardúmenes puros			
No.	Promedio	Amplitud	Variancia	No.	Promedio	Amplitud	Variancia	No.	Promedio	Amplitud	Variancia	No.	Promedio	Amplitud	Variancia
54	1130	935-1316	4,217	38	762	682-826	942	7	530	476-554	717	27	623	579-689	1,129
55	1134	1036-1219	1,670	44	689	561-796	6,298	12	586	478-683	3,852				
7	1147	1071-1195	1,524	28	734	589-800	2,440	25	468	419-511	806				
24	1093	887-1209	6,145	46	709	546-806	5,769	21	486	459-526	576				
25	1086	936-1197	5,167	26	723	507-908	16,126								
12	1168	1097-1209	1,342	21	560	536-599	425								
25	1084	934-1214	5,684												
25	1098	944-1244	5,469												
24	824	666-939	5,791												
25	845	754-911	2,009												
25	874	768-968	2,417												
21	912	671-1056	5,712												
28	1040	895-1224	10,533												
13	1211	1143-1257	764												
20	1147	1047-1254	2,664												
25	1162	1079-1216	1,463												
25	1207	507-1272	20,744												
25	810	483-918	9,300												
27	803	504-922	8,117												
15	1202		1,218												
25	886	651-1146	22,467												
21	941	852-1237	8,503												
26	1430	1025-1533	3,535												
25	1096	738-1461	79,824												

Table 9. Analysis of variance of the logarithms of samples of lengths of yellowfin and skipjack tuna, from schools of both pure and mixed species composition.

Tabla 9. Análisis de variancia de los logaritmos de las muestras de las longitudes de atún aleta amarilla y barrilete de cardúmenes puros y de composición mezclada.

School type	Source of variation Causa de variación	D.F. G.L.	Sum squares Suma de cuadrados	Mean square Cuadrados medios	Clase de cardumen
Yellowfin from schools of pure and mixed species composition	Total	98	37.3830		Atún aleta amarilla de cardúmenes puros y mezclados.
	Between pure and mixed schools Entre cardúmenes puros y mezclados	1	4.7433	4.7433	
	Individual	97	32.6397	.3365	
	F =	4.7433 / .3365	= 14.10		
Skipjack from schools of pure and mixed species composition	Total	120	17.3395		Barrilete de cardúmenes puros y mezclados.
	Between pure and mixed schools Entre cardúmenes puros y mezclados	1	2.7727	2.7727	
	Individual	119	14.5668	.1224	
	F =	2.7727 / .1224	= 22.65		

RELACIONES DE ESPECIES Y TAMAÑOS DENTRO DE LOS CARDUMENES DE ATUN ALETA AMARILLA Y BARRILETE, SEGUN LO INDICAN LAS PESCAS EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL TROPICAL

por

Gordon C. Broadhead y Craig J. Orange

INTRODUCCION

Los atunes aleta amarilla, *Neothunnus macropterus*, y barrilete, *Katsuwonus pelamis*, son pescados con intensidad frente a la costa occidental del continente americano, en un área comprendida más o menos entre la frontera California-México en el norte y el límite Perú-Chile en el sur. El desarrollo histórico de esta pesquería y la expansión que le han dado las flotas californianas de largo radio de acción, formadas por los barcos de carnada y rederos, están bien documentados por Godsil (1938), Scofield (1951) y Shimada y Schaefer (1956). La distribución trimestral de las pescas de atún dentro de esta área ha sido tratada por Alverson (1959) con referencia a años recientes.

Ambas especies de atún tropical se encuentran generalmente en las mismas áreas de explotación, por lo que muchas de las pescas comerciales están compuestas de una mezcla de las dos. Sin embargo, son evidentes algunas diferencias en la distribución ya que el barrilete se captura en cantidades comerciales en aguas frías hasta una temperatura de 16°C., mientras que el atún aleta amarilla raras veces se pesca en aguas con una temperatura menor de 18 C. En las áreas más frías de la pesquería — las zonas locales frente a Baja California en el norte y la región frente al Perú y Chile en el sur — el barrilete predomina en la pesca comercial; por el contrario, las pescas en aguas ecuatoriales frente a la América Central son principalmente de atún aleta amarilla. Además, los estudios hechos por Schaefer y Orange (1956) para determinar las áreas de desove por el desarrollo de las gónadas de los ejemplares adultos y los estudios de Klawe (m.s.) sobre distribución de las larvas sugieren que el barrilete tiene realmente una distribución más oceánica que el atún aleta amarilla.

La extensión hasta la cual cada cardumen está compuesto por una sola especie es de interés para el conocimiento del diseño de los hábitos gregarios del atún y en el planeamiento de regulaciones pesqueras prácticas cuando lleguen a ser necesarias en el futuro. Orange, Schaefer y Larmie (1957) examinaron los registros de las pescas de cada calada de la flota de barcos rederos durante los años 1946-1955 y llegaron a la conclusión de que más o menos 90 por ciento del atún tropical desembarcado por la flota provino de cardúmenes formados por una sola especie. En años

pasados, la flota de barcos rederos ha contribuído aproximadamente con 16 por ciento a los desembarques hechos en California procedentes del Pacífico Oriental Tropical y los barcos de carnada con casi todo el resto. No pudimos obtener datos sobre la composición de los cardúmenes pescados por este último grupo de embarcaciones, por lo que en 1956 comenzamos un programa de muestreo para evaluar la composición de los cardúmenes encontrados por este importante sector de la flota atunera.

También es de interés conocer el grado en que se produce la agrupación por tamaños de cada especie de atún dentro de cada cardumen. Esto ha sido tratado por Schaefer (1948) con respecto al atún aleta amarilla pescado frente a la América Central y por Brock (1954) en relación con el barrilete cerca de las Islas Hawaianas. Estos estudios sugieren que el atún definitivamente tiende a agruparse por tamaños y que esta tendencia puede ser más fuerte que la de agruparse por especies. Brock adelantó la teoría de que la relación de tamaño dentro de cada cardumen puede tener conexión con la máxima velocidad de natación que puede ser alcanzada por los diversos tamaños de atunes.

RECONOCIMIENTO

La recolección de datos sobre cardúmenes de atún y la medición de los peces provenientes de cada cardumen fueron logradas gracias al esfuerzo combinado de muchos miembros del personal científico de la Comisión Interamericana del Atún Tropical.

Durante los últimos cuatro años, los capitanes y tripulaciones de los barcos que a continuación se indican tuvieron la amabilidad de permitir que miembros del personal de la Comisión los acompañaran en los viajes regulares de pesca; barcos de carnada Alphecca, Carol Virginia, Coimbra, Concho, Constitution, Elsinore, Excalibur, Fatima, Independence, Jeanne Lynn, Jenita, Jo Linda, Judy S., Mary Jo, Mary Lou, May Queen, Martin B, Missouri, Paramount, Portuguesa, Queen Mary, Sea Giant, South Coast, Starcrest, Sun Europa, Sun Pacific, Sun Victoria, Sun Splendor, United States, Viking, West Point y Western King y los barcos rederos Anthony M, Columbia, Determined, Jo Ann, Ronnie M, Sea King, Santa Helena, Stranger, Sun Star y Western Fisher.

FUENTE DE LOS DATOS

Durante 1951 y 1952 se comenzó un sistema para la recolección de datos sobre la pesca y el esfuerzo de pesca anotados en los cuadernos de bitácora que llevan los capitanes de los barcos que pescan atún tropical desde puertos de California. Desde entonces se ha extendido el sistema para incluir la mayor parte de los barcos pesqueros de atún tropical que salen desde puertos de Costa Rica, Puerto Rico, México, Perú y Ecuador. Este método de vigilar las actividades de la flota y las poblaciones de atún ha sido tratado también por Schaefer (1953), Shimada y Schaefer (1956),

Shimada (1957), Alverson (1959) y Griffiths (1960). Estos registros de los cuadernos de bitácora han servido a Orange, Schaefer y Larmie (1957) para examinar las pescas de cada una de las caladas de los barcos rederos anotadas durante los años 1946-1955. En el presente trabajo hemos examinado de modo similar los registros de los barcos rederos correspondientes a los años 1956-1958. Los registros de los cuadernos de bitácora sobre las pescas efectuadas por los barcos de carnada no son adecuados para el estudio de la composición de los cardúmenes porque los capitanes de estos barcos, al pescar muchos cardúmenes cada día, normalmente no registran sus capturas por cada cardumen. Al extender nuestras operaciones de marcación de atún en 1956, así como otras investigaciones a bordo de barcos pesqueros comerciales, logramos recolectar la información deseada de un pequeño y selecto sector de esta flota. Nuestro personal científico ha obtenido en estos cruceros, por observación directa, estimaciones de la cantidad de la pesca de cada especie en cada cardumen, lo que representa un total de 6,814 toneladas, o sea un poco más del dos por ciento de la pesca de los barcos de carnada durante el período de tres años que comprende este estudio. Estas observaciones fueron obtenidas durante todas las épocas del año y en toda la extensión de la pesquería y se considera que los datos resultantes son una representación bastante aceptable de las pescas de la flota durante este período de tres años. No obstante, pueden ser necesarias algunas reservas ya que nuestros cruceros dedicados a la marcación por razones de eficiencia se han limitado a los barcos más grandes de la flota. Además, las temperaturas desusadamente tibias de la superficie del agua en las áreas de pesca del Pacífico Oriental Tropical durante la última parte de 1957 y todo el año 1958 tuvieron como efecto que una gran parte del esfuerzo de pesca de la flota de barcos de carnada se cambiara hacia los extremos norte y sur de la región de la pesquería.

Es también de interés estudiar la composición de tamaños de las pescas de las dos especies obtenidas tanto de cardúmenes puros como de mezclados. Durante los viajes dedicados a la marcación, cuando el tiempo lo permitía se tomaron medidas de los atunes de cada cardumen. En cada caso los pescados fueron seleccionados al azar de la pesca de un solo cardumen y se obtuvo la longitud total por medio de calibradores, siguiendo los métodos indicados por Marr y Schaefer (1949). Durante dos cruceros de marcación a bordo de barcos rederos, los pescados de cada calada fueron también seleccionados al azar y medidos de la misma manera.

TRATAMIENTO DE LOS DATOS Y RESULTADOS

Relación entre especies

Para determinar los hábitos gregarios de los atunes aleta amarilla y barrilete a través de la composición de las pescas de los barcos rederos,

Orange, Schaefer y Larmie (1957) consideraron necesario hacer las siguientes suposiciones:

1. Una calada de la red se hace, en cada caso, sobre un solo cardumen.
2. En cada calada se captura el cardumen en su totalidad o una fracción constante del mismo.
3. Los capitanes de los barcos pueden estimar con precisión el tonelaje logrado en cada calada.

Los cardúmenes de menos de una o dos toneladas de atún pueden dejar de ser pescados por la flota porque no valen el esfuerzo de calar y de recoger la red y ocasionalmente, cuando se encuentran cardúmenes muy grandes, deliberadamente se puede dejar escapar una parte de los peces. No hay evidencia que permita determinar cuál de las dos especies en un cardumen de composición mixta tiene mayor habilidad para evadir la red. Siguiendo los procedimientos de Orange, Schaefer y Larmie (1957), nuestro análisis excluye todos los viajes sobre los que hubo duda en cuanto a la exactitud de los respectivos registros de los cuadernos de bitácora, o duda acerca de la habilidad del capitán del barco para estimar acertadamente el tonelaje de los peces capturados. La Tabla 1 resume, por áreas estadísticas de cinco grados, la pesca de cada especie en toneladas con indicación de si proceden de cardúmenes puros o mixtos encontrados durante los años 1956 a 1958.

En la pesca con carnada viva, contrariamente a la pesca con redes, el resultado es siempre el de la captura de sólo una parte de los atunes de cada cardumen. Cuando se descubre un cardumen de atún, el barco de carnada es dirigido hacia la cabeza del cardumen y luego se lanza al agua carnada viva (llamada en inglés "chum") para atraer los peces hacia la popa de la nave. Si el cardumen comienza a morder, se sigue arrojando carnada continuamente durante la operación de pesca. Esta operación se continúa hasta que el capitán del barco considera que el rendimiento de peces que se está logrando vale el uso de la carnada. El tiempo de pesca durante una "parada" varía entre varios minutos cuando el cardumen responde pobremente y varias horas cuando el cardumen responde bien. Para inferir los hábitos gregarios mediante el análisis de la composición de la pesca de estos barcos, se requiere, en consecuencia, las siguientes suposiciones:

1. Un solo cardumen es pescado durante cada operación de "chumming" del barco.
2. La fracción del cardumen capturado es respresentativa de la composición de todo el cardumen.
3. El observador puede estimar con bastante exactitud la pesca obtenida de cada cardumen.

Es probable que a veces ocurra la mezcla de varios cardúmenes durante una sola operación de "chumming". Sin embargo, como el tiempo empleado en explorar es largo en relación con el dedicado a pescar propiamente (Shimada y Schaefer, 1956), la distancia entre cardúmenes es probablemente lo suficientemente grande como para que no se introduzca un serio error por este motivo. La segunda suposición es difícil de evaluar, pero no tenemos evidencia que sugiera que la parte del cardumen capturada no sea representativa de todo el cardumen. Las estimaciones del tonelaje pescado de cada cardumen han sido continuamente cotejadas contra la capacidad conocida de las bodegas de almacenamiento de los barcos y se cree que las estimaciones de los observadores son bastante exactas.

Para los efectos del análisis, se supone que un cardumen es "puro" si el 95 por ciento o más del tonelaje pescado está constituído por una sola especie. La Tabla 2 contiene las cantidades de cada especie pescadas por los barcos de carnada en cardúmenes puros y mezclados, por áreas estadísticas de cinco grados, durante los años 1956-1958.

Pureza de los cardúmenes

La Figura 1 presenta el porcentaje de la pesca total por sistemas de captura y por principales regiones geográficas para las siguientes categorías: atún aleta amarilla de cardúmenes puros, barrilete de cardúmenes puros, atún aleta amarilla de cardúmenes mezclados y barrilete de cardúmenes mezclados. Como poco se pescó con redes durante el período 1956-1958 en el área entre los 15° N. de latitud y el Ecuador, los años 1954 y 1955 (tomado de Orange, Schaefer y Larmie, 1957) han sido incluídos en los tonelajes de los barcos rederos para permitir alguna comparación entre los sistemas de pesca en esta área. El tonelaje de los barcos rederos comprende la pesca de casi toda la flota durante el indicado período, en tanto que la muestra de la pesca con carnada es más o menos dos por ciento de la pesca de la flota en el mismo período. La variación geográfica en la composición de la pesca por especies es evidente para los dos sistemas de pesca, pero la mayor parte de la producción en todos los casos proviene de cardúmenes puros. En cada una de las regiones los barcos rederos alcanzaron un porcentaje algo más alto en su pesca en cardúmenes puros que los clípers. Las dos flotas pocas veces pescan exactamente las mismas áreas en la misma época del año, por lo que los valores a que nos hemos referido no permiten una comparación completamente válida entre los dos sistemas de pesca. Sin embargo, estos valores son representativos de las pescas como ocurren realmente. La región de la pesquería frente a Baja California constituye una de las pocas zonas en que hay un gran acuerdo en el área explotada por las dos flotas. El porcentaje de la pesca de atún frente a Baja California, de 1956 a 1958, aparece en la Figura 2, según las siguientes categorías: atún

aleta amarilla de cardúmenes puros, barrilete de cardúmenes puros, atún aleta amarilla de cardúmenes mezclados y barrilete de cardúmenes mezclados. El porcentaje de pesca en cardúmenes puros es similar para ambos sistemas de pesca, a pesar de que la flota redera alcanzó una mayor porción en su pesca en cardúmenes puros de atún aleta amarilla. Esta flota tradicionalmente obtuvo una gran parte de su pesca anual en las localidades pesqueras al norte de los 15°N. de latitud, logrando un alto porcentaje de atún aleta amarilla. De esto pueden ser causa cualquiera de los dos factores que a continuación se indican, o una combinación de ambos: (1) La flota de barcos rederos puede ejercer selectividad hacia los más valiosos cardúmenes de atún aleta amarilla, dejando pasar oportunidades de capturar cardúmenes de barrilete cuando el atún aleta amarilla se presenta suficientemente abundante. (2) Las áreas y épocas de mejores condiciones para la pesca con red pueden coincidir con los períodos de gran abundancia de atún aleta amarilla y de baja abundancia de barrilete.

Para examinar la primera posibilidad hemos preparado la Figura 3 que muestra la pesca media de atún aleta amarilla por día de ausencia contra la pesca de barrilete por los barcos rederos de la Clase III (de 101 a 200 toneladas de capacidad) en cada año desde 1934. Una dispersión aleatoria de los valores sugiere que los períodos de baja pesca de atún aleta amarilla no se caracterizan por el aumento del éxito en la captura del barrilete, por lo que parece improbable que los barcos dejen pasar sin aprovechar los cardúmenes de esta última especie cuando los encuentran. Parece ser más probable que el segundo factor antes mencionado sea responsable de las grandes diferencias en la composición de las especies en las pescas de las dos flotas. La similitud de los datos de las zonas locales con respecto a ambas flotas, como puede apreciarse en la Figura 2, presta fuerza a esta tesis.

Conforme aumenta la flota atunera de grandes barcos rederos, la expansión de las operaciones de pesca hasta incluir todas las áreas de la pesquería en todas las épocas del año puede conducir a un cambio entre las cantidades relativas en la pesca de las dos especies. Los pocos barcos rederos que salen de puertos del Perú y que pescan regularmente en el Golfo de Guayaquil (un área demasiado distante para una explotación económica por parte de los pequeños rederos que tienen su base en los Estados Unidos) descargan barrilete predominantemente.

Desde 1948, la flota de clípers ha capturado cada año alrededor del 80 por ciento del atún aleta amarilla y 91 por ciento del barrilete descargado por las flotas de California (Schaefer, 1959, Tabla 2). Nuestra mejor estimación, basada en los datos sobre las pescas de cada flota en cardúmenes puros y mezclados es que más o menos 49 por ciento del atún aleta amarilla y 71 por ciento del barrilete desembarcado por los barcos de

carnada fueron de cardúmenes puros, mientras que alrededor del 94 por ciento del atún aleta amarilla y 80 por ciento del barrilete capturado por la flota de barcos rederos fueron de cardúmenes puros. La combinación de estos valores para cada flota con su porcentaje de la pesca total nos da una estimación de que 58 por ciento de todo el atún aleta amarilla y 72 por ciento de todo el barrilete desembarcado por las flotas de California tiene su origen en cardúmenes puros.

Los estudios realizados por Shimada y Schaefer (1956) y Schaefer (1957) sobre la dinámica de la pesquería de cada especie en la región del Pacífico Oriental Tropical han demostrado que cualquier considerable expansión del esfuerzo de pesca más allá del nivel corriente puede dar como resultado la necesidad de reglamentar la pesca del atún aleta amarilla para evitar que se sobrepase el nivel del esfuerzo de pesca correspondiente al rendimiento máximo sostenible de dicha especie. El barrilete, por otra parte, parece estar lejos de ser explotado intensamente, por lo que no sería aconsejable restringir su pesca. Sin embargo, como se dijo antes, nuestros datos indican que menos de 30 por ciento del total de la pesca de barrilete y alrededor de 50 por ciento de la pesca de atún aleta amarilla se han hecho en cardúmenes de composición mixta. La pesca de atún aleta amarilla podría ser reglamentada sin restringir el esfuerzo para la obtención del barrilete, por lo menos en teoría, mediante la limitación de la pesca sobre cardúmenes puros de atún aleta amarilla y el permiso amplio para explotar los cardúmenes de composición mixta y los cardúmenes puros de barrilete.

Características de los cardúmenes

Orange, Schaefer y Larmie (1957) investigaron la agrupación entre especies mediante el examen de los registros sobre cada calada de los barcos rederos. Estos autores graficaron (véase la Figura 8 de su estudio) el porcentaje de atún aleta amarilla en el tonelaje total pescado de cardúmenes mezclados de atún aleta amarilla y barrilete contra el porcentaje de atún aleta amarilla en el tonelaje total pescado de cardúmenes puros de ambas especies, por áreas de pesca de cinco grados, por los años 1952-1955. Hemos preparado un gráfico similar (Figura 4) con los datos de los barcos de carnada por los años 1956-1958 en el que cada punto representa los datos sobre agrupación por área de pesca de cinco grados. La regresión linear ($Y = 38.7 + .21X$, $r = .554^*$), ajustada a estos datos, aparece junto con la regresión para los datos de los barcos rederos. La línea de 45 grados a través del origen indica la intersección del porcentaje igual de atún aleta amarilla en las pescas de cardúmenes puros y mezclados. Como el atún aleta amarilla viene a ser más abundante en las pescas de cardúmenes puros, la parte de atún aleta amarilla en las pescas de cardúmenes de composición mixta aumenta, aunque no proporcionalmente, para

---

$^*<.05$ de probabilidad de ocurrencia casual.

ambos sistemas de pesca. Las relaciones promedio para ambas flotas son notoriamente similares. Orange, Schaefer y Larmie (1957) sugieren que esto podría ser el reflejo de algún fenómeno básico de agrupación entre especies de los atunes aleta amarilla y barrilete. Una simple explicación podría ser que la tasa de mezcla entre cardúmenes, constituídos originalmente por una sola especie, es baja en relación con el tiempo durante el cual puede operarse la mezcla. El tamaño promedio de los cardúmenes de atún, ya sean puros o mezclados, probablemente guarda bastante uniformidad (Tabla 5). Los cardúmenes mezclados pueden formarse inicialmente por la unión de dos cardúmenes puros y este cardumen más grande presumiblemente se divide para formar dos cardúmenes de composición mixta. La primera mezcla de cardúmenes de igual tamaño en un área, a pesar de la razón del número de cardúmenes puros de atún aleta amarilla en relación con el número de cardúmenes puros de barrilete, resultaría en un cardumen mezclado compuesto de 50 por ciento de cada especie. A medida que la mezcla progresa, la composición de estos cardúmenes mixtos tendería hacia la razón de las cantidades de cardúmenes puros de cada especie en el área. La situación que muestra la Figura 4 resultaría entonces siempre que la mezcla progresara solamente un poco más allá de los estados iniciales.

Distribución de los tamaños de las pescas de cardúmenes puros

La Tabla 3 muestra la distribución de frecuencias de la pesca por cardumen respecto a los 2702 cardúmenes observados por nuestros científicos a bordo de barcos de carnada durante el período 1956-1958. Solamente han sido incluídos aquellos cardúmenes de los cuales se ha logrado alguna pesca y, en consecuencia, hay alguna estimación menor en el primer intervalo que comprende una tonelada o menos. La mayoría de los cardúmenes en los que se pescó produjeron pescas pequeñas; la pesca media fué de 2.5 toneladas con respecto a todos los cardúmenes de donde se obtuvieron peces. La pesca media de cardúmenes puros de atún aleta amarilla fué de 1.5 toneladas, de barrilete 2.8 toneladas y de cardúmenes mezclados de las dos especies 2.8 toneladas. Los datos no son ponderados por área y una parte del tonelaje en la muestra provino de las zonas de Guayaquil y de "las 14 brazas" frente al Perú en donde la producción de barrilete es alta. La Tabla 4 muestra la parte de los datos que corresponde a las localidades de pesca al norte de los 15°N. de latitud. En estas localidades, la pesca media en cardúmenes puros de atún aleta amarilla fué de 1.6 toneladas, en barrilete 1.9 toneladas y en cardúmenes mezclados 3.0 toneladas. Hay alguna sugerencia de que los cardúmenes de composición mixta, a pesar de no ser más grandes en promedio que los cardúmenes puros (como lo indican las pescas de los barcos rederos, Tabla 5), rinden una mayor cantidad de peces, por cardumen, a los barcos de carnada.

La Tabla 3 y la Figura 5 indican que la distribución de frecuencias de la pesca por cardumen por los barcos de carnada, respecto a cada tipo

de cardumen, tiene la forma de una "J" y se inclina muy fuertemente hacia las pescas de poca monta, como es también el caso referente a la distribución de las pescas por cada una de las caladas de los barcos rederos. También parece que la distribución de frecuencias relativa es similar para los cardúmenes de puro atún aleta amarilla, para los de puro barrilete y para los constituídos por una mezcla de las dos especies. La Figura 6 muestra la distribución de la pesca por cardumen para cada sistema de pesca como un porcentaje acumulativo. Las líneas verticales indican que la mitad de la pesca de los barcos de carnada es hecha en cardúmenes que producen cinco toneladas o menos y la mitad de la pesca de los barcos rederos es hecha en cardúmenes que producen 19 toneladas o menos.

Orange, Schaefer y Larmie (1957) presentaron el promedio de la pesca por calada con éxito de los barcos rederos, por cada año de 1946 a 1955, para cada uno de los tres tipos de cardúmenes. De la Tabla 1 hemos computado valores similares para cada tipo de cardumen por cada uno de los años 1956-1958. La serie de 13 años, junto con la pesca por día de ausencia, de atún aleta amarilla y barrilete de los barcos rederos de la Clase III (de 101 a 200 toneladas de capacidad) que eran los componentes más numerosos de la flota durante los años que comprende el presente estudio se da en la Tabla 5. Estos datos han sido graficados en la Figura 7 para mostrar la relación entre la abundancia aparente del atún aleta amarilla y el peso medio de los cardúmenes de esta especie capturados por la flota. Parece que hay alguna reducción en el peso medio de los cardúmenes junto con una merma en la abundancia aparente del atún aleta amarilla, pero la correlación no es muy marcada ($r = .415$; probabilidad de ocurrencia casual: .10). Respecto a la serie de 13 años, la extensión de la abundancia aparente es alrededor de cuatro veces el valor menor, mientras que a lo sumo hay un cambio de solamente un 50 por ciento en el peso medio del cardumen. Puede inferirse que, conforme el atún aleta amarilla viene a ser menos abundante, hay una reducción en el número de cardúmenes en vez de un cambio de consideración en el tamaño promedio de los cardúmenes. Esto puede ser indicativo de que existe un tamaño óptimo de los cardúmenes de atún que corresponde al tamaño medio de aproximadamente 16 toneladas por cardumen que ha sido obtenido por la flota de barcos rederos durante los últimos trece años. Este valor es algo mayor que el correspondiente al tamaño promedio de los cardúmenes de barrilete capturados durante la pesca experimental con redes cerca de las Islas Hawai, según descripción de Murphy y Niska (1953), en donde solamente se capturaron cinco cardúmenes: tres completos de menos de una tonelada cada uno y dos de dos y cuatro toneladas en donde sólo se cogió una parte de los cardúmenes. La pesca promedio de barrilete, por calada, en la región del Pacífico Oriental durante los últimos 13 años ha sido de 14 toneladas más o menos.

Yuen (1959) ha proporcionado evidencia sobre la distribución de tamaños de las pescas en cardúmenes de barrilete por los barcos de carnada hawaianos. Su distribución de frecuencias respecto a 73 cardúmenes, en número de peces, fué convertida al peso (tomando los datos de su Figura 5) y la distribución resultante comparada con nuestra Figura 5. La distribución de las pescas de barrilete del área de Hawai exhibe una curva en forma de "J" y los puntos caen debajo de los valores obtenidos para el área del Pacífico Oriental Tropical. La pesca media por cardumen fué alrededor de una tonelada comparada con 2.8 toneladas en los cardúmenes pescados en el Pacífico Oriental Tropical. Parece que los cardúmenes de barrilete pescados en el área del Pacífico Oriental Tropical son, en promedio, algo más grandes que los pescados en la vecindad de las Islas Hawaianas (suponiendo que los barcos de carnada capturan el mismo porcentaje, en promedio, de cada cardumen encontrado en las dos regiones).

Relaciones de tamaños

Comparación de las distribuciones de la longitud de los pescados provenientes de un solo cardumen y de las muestras de las plantas enlatadoras

Schaefer (1948) al tratar la forma del muestreo, sugiere que el cardumen de atún debe ser la unidad básica para el muestreo y que una muestra completa debe estar compuesta de submuestras, obtenidas por métodos representativos o al azar, de estos cardúmenes seleccionados también al azar de la población. Los problemas en el muestreo de la pesca comercial de atún aleta amarilla y barrilete han sido examinados detalladamente por Hennemuth (1957). La logística del muestreo comprensivo de la frecuencia de tamaños requiere que las longitudes de los pescados sean tomadas en las plantas enlatadoras durante la descarga de los barcos. Los pescados son estibados a bordo de las embarcaciones en bodegas que generalmente contienen de 15 a 30 toneladas cada una. Las muestras individuales, a las que se hace referencia en este estudio como "muestras medidas en el mercado", que se toman durante la descarga de una bodega o de un par de ellas son, en consecuencia, en promedio, submuestras de mezclas de diversos cardúmenes. Las muestras tomadas por nuestros científicos a bordo de barcos comerciales proceden de cardúmenes individuales y se hace referencia a ellas como "muestras en el mar".

Es de interés comparar los parámetros de las "muestras medidas en el mercado" de las pescas de los barcos de carnada con los de las "muestras en el mar". En la Tabla 6 se dan los datos comparativos, por método de muestreo, sobre las longitudes del atún aleta amarilla y barrilete de cuatro áreas principales del Pacífico Oriental Tropical. Las muestras tomadas en el mar proceden de cardúmenes puros y mezclados. Las longitudes medias del atún aleta amarilla de las muestras de las plantas enlatadoras y del mar son bastante similares en cada área, con la excepción de las de Baja California. Las pruebas de la razón de la variancia (que no están

incluídas en la tabla) comparando las variancias dentro y entre muestras individuales de cada área rechazan la hipótesis nula de que todas las muestras de cada área son muestras aleatorias de la misma población de atún aleta amarilla. Además, la variancia entre individuos dentro de las muestras de cardúmenes solos es menor que la variancia entre individuos dentro de las muestras "medidas en el mercado" para todas las áreas, como se indica en la Tabla 6. La combinación estimada para la variancia total es considerablemente mayor que la combinación estimada para la variancia entre individuos dentro de las muestras. Podemos llegar a la conclusión de que los individuos que componen un solo cardumen tienen un parecido más cercano entre sí que el que podría esperarse entre los tomados al azar de la población entera. Más aún, los ejemplares dentro de las "muestras medidas en el mercado" son también más parecidos entre sí que lo que podría esperarse entre los tomados al azar de toda la población. Sin embargo, estos se parecen menos entre sí que los ejemplares de los cardúmenes individuales.

Las mediciones del barrilete, que también se incluyen en la Tabla 6, indican que las longitudes medias de los pescados "medidos en el mercado" y "en el mar", en cada área, son bastante similares. Las pruebas de la razón de la variancia comparando las variancias dentro y entre muestras individuales de cada área rechazan la hipótesis nula de que todas las muestras de cada área son aleatorias de la misma población de barrilete. La variancia entre individuos dentro de las muestras de cardúmenes solos es similar a la variancia entre individuos dentro de las muestras "medidas en el mercado", para todas las áreas, como se indica en la Tabla 6. La combinación estimada de la variancia total es considerablemente mayor que la combinación estimada de la variancia entre individuos dentro de las muestras. En cuanto al barrilete, podemos llegar a la conclusión de que los individuos que componen cardúmenes solos tienen un parecido más cercano entre sí que el que podría esperarse de entre los tomados al azar de la población entera. Los ejemplares dentro de las muestras "medidas en el mercado" son también más parecidos entre sí que lo que podría esperarse de entre los tomados de toda la población. Sin embargo, no hay diferencia en el grado de variación entre los ejemplares de las muestras tomadas "en el mar" o en las plantas enlatadoras.

Comparaciones de tamaños dentro y entre cardúmenes puros y de composición mixta

Schaefer (1948), basado en una cantidad limitada de datos recolectados frente a la América Central durante los primeros cuatro meses de 1947, sugirió que la tendencia de los atunes a agruparse por tamaños podría ser en algunos casos más pronunciada que la tendencia a agruparse por especies. Posteriormente, al disponerse de una información considerablemente mayor sobre la longitud de los peces de cardúmenes individuales se pensó que sería de interés un estudio de las relaciones de tamaños dentro y entre

estos cardúmenes. La Tabla 7 contiene el número de peces, la longitud media, la amplitud, la variancia y el coeficiente de variación de 42 cardúmenes puros de atún aleta amarilla, de 64 cardúmenes puros de barrilete y de 57 cardúmenes mezclados de atún aleta amarilla y barrilete, pescados por los barcos de carnada. Los cardúmenes puros fueron encontrados durante los mismos cruceros en los cuales se hallaron los cardúmenes de composición mixta. Las distribuciones de frecuencias de las longitudes de todos los atunes en cada una de las cuatro categorías aparecen en la Figura 8. Los atunes aleta amarilla de cardúmenes puros parecen ser, en promedio, más grandes que los pescados en cardúmenes de composición mixta. Hay una gran variación entre los cardúmenes individuales, ya sean puros o mezclados. Las distribuciones de frecuencias de las longitudes de barrilete de cardúmenes puros y de especies mezcladas son bastante similares.

Una limitada cantidad de información sobre los tamaños de los peces capturados por los barcos rederos también se obtuvo de dos cruceros: uno en la primavera de 1956 y el otro durante la misma época en 1959. La Tabla 8 contiene el número de peces, la longitud media, amplitud y variancia de atunes aleta amarilla de 24 cardúmenes puros, de atunes de esta misma especie de seis cardúmenes mezclados, de barriletes de cuatro cardúmenes mezclados y de barriletes de un cardumen puro. Las observaciones no son suficientes para permitir una comparación adecuada entre las muestras de barrilete de cardúmenes puros y los de composición mixta. En lo que respecta al atún aleta amarilla, la distribución de frecuencias de las longitudes de los pescados de cada tipo de cardumen se muestra en la Figura 9. Los peces más grandes aparentemente se encuentran en los cardúmenes puros de atún aleta amarilla.

También es de interés comparar la variación en los tamaños del atún de cardúmenes de una sola especie con la variación en los tamaños de los atunes de cardúmenes de composición mixta. Respecto a las muestras de las pescas de los barcos de carnada en cada uno de los tipos de cardumen, un examen preliminar de las variancias dentro de los cardúmenes (Tabla 7) indicó que su distribución, en cada caso, estaba fuertemente desviada hacia los valores menores. Las distribuciones fueron hechas en forma aproximadamente normal por medio de una transformación logarítmica, es decir, tomando el logaritmo de cada variancia. Las distribuciones de frecuencias resultantes han sido graficadas en la Figura 10. Las variancias de las muestras de cardúmenes puros de atún aleta amarilla son considerablemente mayores, en promedio, que las variancias en las muestras de atún aleta amarilla de cardúmenes que también contenían barrilete. Por el contrario, las variancias de las muestras de cardúmenes puros de barrilete son considerablemente menores, en promedio, que las variancias de barriletes procedentes de cardúmenes que también contenían atunes aleta amarilla. El análisis de la variancia de estas distribuciones de los

logaritmos de las variancias de cardúmenes individuales, que aparece en la Tabla 9, indica que estas diferencias son significativas para ambas especies. Sin embargo, los atunes aleta amarilla de cardúmenes puros fueron más grandes que los atunes de la misma especie de cardúmenes de composición mixta. Consecuentemente, examinamos los coeficientes de variación de cada serie y llegamos a la conclusión de que la diferencia en las variancias no era el resultado de diferencia en las longitudes de los peces en las dos series de muestras. Los barriletes de cardúmenes puros y de cardúmenes mezclados eran de una longitud promedio similar, por lo que se consideró innecesario el examen de los coeficientes de variación.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Las distribuciones geográficas de las poblaciones de atún aleta amarilla y barrilete que se explotan comercialmente en el Océano Pacífico Oriental Tropical se traslapan en alto grado y las pescas generalmente están compuestas de una mezcla de las dos especies. El conocimiento de los hábitos gregarios es esencial para el manejo adecuado de los recursos de atún. Mediante el empleo de los registros de los cuadernos de bitácora de la flota de barcos rederos y de las observaciones "en el mar" a bordo de ambos tipos de embarcaciones, hemos reunido datos sobre la composición de la pesca en cardúmenes individuales, por especies y por tamaños. La información de los barcos rederos sobre la composición por especies abarca un período de trece años e incluye, durante los últimos ocho años, casi toda la producción de esta flota. Los datos de los barcos de carnada correspondientes al período 1956-1958 se obtuvieron de un grupo seleccionado de embarcaciones y representan alrededor de un dos por ciento de la pesca de la flota de clípers durante dicho período. Las deducciones concernientes al tamaño de los cardúmenes, mezcla de las especies dentro de los cardúmenes y composición de la longitud de los cardúmenes se basan en la parte capturada de los cardúmenes; en consecuencia, debe tenerse algún cuidado al aplicar estos resultados a los hábitos de toda la población.

Los barcos rederos obtienen aproximadamente 90 por ciento de su pesca de atún, y los barcos de carnada 65 por ciento, en cardúmenes constituídos por una sola especie. Algunas de las diferencias en la composición promedio de las especies de los desembarques de las dos flotas se deben probablemente a las diferencias temporales y espaciales en las operaciones de pesca, más que a la selectividad del sistema de pesca empleado. La reciente expansión de la flota de barcos rederos debido a la inclusión de embarcaciones más grandes, capaces de pescar durante todo el año, puede dar como resultado un cambio considerable en la composición de las especies de la pesca de dicha flota.

Respecto a ambos sistemas de captura, así como la razón de la pesca de atún aleta amarilla en cardúmenes puros aumenta en relación con la pesca de barrilete en cardúmenes puros, la parte de atún aleta amarilla

en la pesca en cardúmenes mezclados aumenta también, pero no proporcionalmente. Esto podría ser el resultado de la mezcla incompleta de cardúmenes puros de las dos especies durante la formación de los cardúmenes mixtos.

La distribución de frecuencias de la pesca por cardumen, para ambos sistemas de pesca, tiene la forma de "J" y se inclina muy notoriamente hacia las pescas pequeñas. La mitad de la pesca total de los barcos rederos consiste de capturas individuales de 19 toneladas o menos, mientras que la mitad de la pesca de la flota de clípers es hecha en cardúmenes que producen menos de cinco toneladas cada uno.

Los cardúmenes mezclados aparentemente no son más grandes que los cardúmenes de especies puras, ya que la pesca media por calada con éxito de la flota de barcos rederos es bastante similar con respecto a cardúmenes puros y mixtos. Hay alguna indicación de que, por lo menos en las regiones al norte de la pesquería, los barcos de carnada logran una pesca mejor por cardumen en los cardúmenes de composición mixta que en los de especies puras.

La disminución en la pesca promedio en cardúmenes puros de atún aleta amarilla efectuada por los barcos rederos, con una merma en la abundancia aparente de esta especie, es insignificante y hasta pudiera no existir. Parece que, en cuanto el atún aleta amarilla se vuelve menos abundante, ocurre una disminución en el número de cardúmenes en lugar de un gran cambio en el tamaño promedio de cada cardumen.

Las medidas de las muestras de longitudes de atunes aleta amarilla y barrilete descargados por los barcos en las plantas enlatadoras fueron comparadas con las medidas de cardúmenes individuales. En cuanto al atún aleta amarilla, se encontró que la variancia de la combinación dentro de las muestras era más o menos dos veces mayor en las muestras de las plantas enlatadoras que la variancia de la combinación dentro de las muestras en las muestras de cardúmenes individuales. Con respecto al barrilete, hubo poca diferencia entre las variancias de la combinación de las muestras de las dos clases de muestras. Las capturas de ambos sistemas de pesca indicaron que los atunes aleta amarilla de cardúmenes puros son, en promedio, más grandes que los de cardúmenes de composición mixta. En las pescas de los barcos rederos, esta diferencia es más notoria. El promedio de las distribuciones de frecuencias de tamaños del barrilete de cardúmenes puros y de especies mezcladas parece ser bastante similar.

La comparación de las variancias de las muestras de longitudes de cardúmenes puros y de especies mezcladas indicó que hay una cantidad de variación significativamente más grande entre las muestras de atún aleta amarilla de cardúmenes puros que entre las muestras de la misma especie de cardúmenes de composición mixta.

Los datos indican claramente que los atunes aleta amarilla y barrilete

efectivamente se agrupan por especies, ya que una gran proporción de la pesca total por los dos sistemas de pesca se hace en cardúmenes de una sola especie, a pesar de que las distribuciones geográficas de las dos especies se traslapan en amplio margen. También queda demostrada la agrupación por tamaños ya que los ejemplares de cada cardumen se parecen más entre sí de lo que podría esperarse si fueran tomados al azar de una población entera. La agrupación por tamaños evidentemente sufre alguna modificación por la relación de las especies, ya que los atunes aleta amarilla de cardúmenes de composición mixta son más pequeños y varían menos en la amplitud de la longitud que los atunes de la misma especie de cardúmenes puros.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

Alverson, F. G.
1959 Geographic distribution of yellowfin tuna and skipjack catches from the Eastern Tropical Pacific Ocean, by quarters of the year, 1952-1955.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. III, No. 4, pp. 165-204 (English), pp. 205-213 (Spanish).

Brock, V. E.
1954 Some aspects of the biology of the aku, *Katsuwonus pelamis,* in the Hawaiian Islands.
Pac. Sci., Vol. VIII, No. 1, pp. 94-104.

Godsil, H. C.
1938 The high seas tuna fishery of California.
Calif. Div. Fish and Game, Fish. Bull. No. 51, 41 pp.

Griffiths, R. C.
1960 A study of measures of population density and of concentration of fishing effort in the fishery for yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus,* in the Eastern Tropical Pacific Ocean, from 1951-1956.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. IV, No. 3, pp. 39-98 (English), pp. 99-136 (Spanish).

Hennemuth, R. C.
1957 An analysis of methods of sampling to determine the size composition of commercial landings of yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* and skipjack *(Katsuwonus pelamis).*
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. II, No. 5, pp. 171-225 (English), pp. 226-243 (Spanish).

Marr, J. C. and M. B. Schaefer
1949 Definitions of body dimensions used in describing tunas.
U. S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., Vol. 51, No. 47, pp. 241-244.

Murphy, G. I. and E. L. Niska
1953 Experimental tuna purse seining in the Central Pacific.
U. S. Fish and Wildlife Serv., Comm. Fish. Rev., Vol. 15, No. 4, pp. 1-12.

Orange, C. J., M. B. Schaefer and F. M. Larmie
1957 Schooling habits of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the Eastern Pacific Ocean as indicated by purse-seine catch records, 1946-1955.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. II, No. 3, pp. 81-113 (English), pp. 114-126 (Spanish).

Orange, C. J. and G. C. Broadhead
1959 1958-1959. A turning point for tuna purse-seine fishing? Pacific Fisherman, June 1959, pp. 20-26.

Schaefer, M. B.
1948 Size composition of catches of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) from Central America, and their significance in the determination of growth, age, and schooling habits. U. S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., Vol. 51, No. 44, pp. 197-200.

1953 Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission during the year 1952. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Ann. Rep. 1952, pp. 14-35 (English), pp. 36-61 (Spanish).

1957 A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. II, No. 6, pp. 245-268 (English), pp. 269-285 (Spanish).

Schaefer, M. B. and C. J. Orange
1956 Studies of the sexual development and spawning of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in three areas of the Eastern Tropical Pacific Ocean, by examination of gonads. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. I, No. 6, pp. 281-320 (English), pp. 321-349 (Spanish).

Scofield, W. L.
1951 Purse seine and other round haul nets in California. Calif. Dept. Fish and Game, Fish. Bull. No. 81, 83 pp.

Shimada, B. M.
1957 Geographical distribution of the annual catches of yellowfin and skipjack tuna from the Eastern Tropical Pacific Ocean from vessel logbook records, 1952-1955. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. II, No. 7, pp. 287-354 (English), pp. 355-363 (Spanish).

Shimada, B. M. and M. B. Schaefer
1956 A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. I, No. 7, pp. 347-421 (English), pp. 422-469 (Spanish).

Yuen, H. S. H.
1959 Variability of skipjack response to live bait. U. S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., Vol. 60, No. 162, pp. 143-160.